

معالجة مياه الصرف الصناعي

مهندس استشاري
محمد أحمد السيد خليل



المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية





المكتبة الأكاديمية

شركة مياه مصرف

الحاصلة على شهادة الجودة

ISO 9002

Certificate No.: 82210

03/05/2001

معالجة
مياه الصرف الصناعي

معالجة مياه الصرف الصناعي

مهندس إستشاري

محمد أحمد السيد خليل



الناشر

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

٢٠٠٧

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠٠٧م - ١٤٢٧هـ

حقوق الطبع والنشر © جميع الحقوق محفوظة للناشر :

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصر والدفع ١٨,٢٨٥,٠٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

لا يجوز استمساخ أى جزء من هذا الكتاب بأى طريقة
كانت إلا بعد الحصول على تصريح كتابى من الناشر .

١- مقدمة:

الصناعة هي النشاط الهام الذى تعتمد عليه الدولة فى سياستها التنموية، ورغم أن الصناعة دخلت مصر مع مطلع القرن الـ ١٩ إلا أن الاستغلال الصناعى للموارد الطبيعية زاد مع مطلع القرن العشرين حيث ظهرت الصناعات الغذائية وصناعة المنسوجات والأسمدة. وفى أوائل الخمسينات من القرن الماضى تطورت الصناعة حيث أدخلت الصناعات الثقيلة مثل الحديد والصلب وصناعة الآلات والمعدات والكيماويات. لقد كان التركيز فى هذا الوقت على توطين هذه الصناعات فى المناطق الحضرية والعواصم وعلى إمتداد دلتا النيل وشمال وجنوب القاهرة وخاصة فى حلوان وشبرا الخيمة، كفر الزيات، طخا، ومنطقة الاسكندرية الحضرية وفى أسوان ثم إدفو جنوباً.

وقد تغير نمط الصناعة من الإنجليزى والفرنسى ما قبل عام ١٩٥٠ إلى النمط الشرقى من عام ١٩٥٢ حتى نهاية السبعينات من القرن الماضى ثم العودة إلى النظم الغربية والأمريكية ما بعد الثمانيات حتى الآن. وقبل تطبيق نظام قطاع الأعمال العام كانت وزارة الصناعة تمتلك وحدها ٧٢% من إجمالى الصناعات الرئيسية العامة تليها وزارة الإقتصاد ٩%، ثم وزارة التموين ٨%، وباقى ١١% موزعة ما بين وزارة الدفاع، الكهرباء، الزراعة، الإسكان والصحة.

بعد تأميم كل الصناعات عام ١٩٥٦، كان الهدف هو تنمية الصناعات والحصول على عائد سريع لهذه الاستثمارات، ولم يكن هناك الاهتمام المناسب بالأثر السلبي للبيئة الناتج عن هذه الصناعات. ورغم أن القانون رقم ٩٣ الخاص

بصرف مياه الصرف صدر عام ١٩٦٢ إلا أن تطبيقاته لم توضع وضع التنفيذ، ولم يكن هناك إهتمام بالمراجعة والتفتيش لتنفيذ هذه القوانين وخاصة بالنسبة للمصانع المملوكة للدولة. وكانت النتيجة هي أن مياه الصرف الصناعي الغير معالج تم صرفها مباشرة فى النيل والمصارف والبحيرات والبحر.

ثم فى عام ١٩٨٣ زاد الوعي بأهمية المحافظة على البيئة وأثر ذلك على التنمية وذلك لما تمثله الملوثات من الصرف الصناعي من أخطار على الصحة العامة والبيئة. حيث قامت هيئة التصنيع بعمل أسبقيات لمعالجة المخلفات الصناعية لعدد ١٨٨ مصنع عام ١٩٨٥ وأعطيت أسبقية لمعالجة سوائل الصرف الصناعي التى يتم صرفها على النيل وفروعه وعلى المصارف وشبكات الصرف الصحى. ولكن باستثناء عدد محدود جداً الذى تم تنفيذه ومنها مصنع الكوك فى التبين لمعالجة مياه الصرف التى بها فينولات ثم استمر الوضع إلى ما كان عليه.

ومع صدور قانون البيئة رقم ٤ لعام ١٩٩٤ وإنشاء وزارة الدولة لشئون البيئة زاد الاهتمام بحماية البيئة من مخلفات الصرف الصناعي إلا أن هذا الاهتمام لم يواكبه إستيعاب لتقنيات التداول والمعالجة للمخلفات الصناعية وما تضيفه من عائد إقتصادى وخفض فى تكاليف الإنتاج الناتج عن نظم المعالجة التى تحقق التدوير وإعادة الاستخدام للخامات والمواد الوسيطة والمنتجات النهائية بدلاً من التخلص منها هذا بالإضافة إلى ما تضيفه هذه التقنيات من المحافظة على البيئة.

٢- الآثار السلبية للصرف الصناعي:

يعتبر الصرف الصناعي من أهم مصادر التلوث لمياه النيل والمصارف وذلك لما يضيفه من مسببات السمية والتلوث طبقاً لنوع الصرف الصناعي ومن بينها مياه الصرف الصناعى المحتوية على المعادن الثقيلة المذابة والتى يصعب التخلص منها بطرق المعالجة التقليدية حيث تصل هذه المواد إلى مياه الشرب مسببة للأمراض

بالإضافة إلى دخولها في أنسجة الأحياء المائية مثل الأسماك وكذا الحاصلات الزراعية. وكذلك سمية المركبات العضوية وغير العضوية المذابة والتي تتطلب معالجات خاصة، وكذلك حالة مياه الصرف الصناعي الحامضية أو القلوية أو محتواها من المواد الصلبة العالقة وهذه من مسببات التلوث للمسطحات المائية التي يتم الصرف عليها وكذلك حدوث تلف وانسداد لشبكات المواسير وأنظمة الصرف. هذا بالإضافة إلى أن كل هذه الملوثات تسبب الإعاقة للأداء البيولوجي في محطات المعالجة التقليدية بما تسببه من سمية للكائنات الحية الدقيقة. ومن سوائل الصرف الصناعي المسببة للتلوث مياه التبريد في المصانع وخاصة في محطات توليد الطاقة ومعامل تكرير البترول حيث تصرف هذه المياه ذات درجة الحرارة المرتفعة والتي تزيد عن ٤٠°م بما يسبب خفض في الأكسجين المذاب في الماء والذي تحتاجه الأحياء المائية لاستمرار بقائها، بالإضافة إلى أن ارتفاع درجة حرارة المياه يميز هذه الكائنات المائية في بعض مراحل تكاثرها ونموها. هذا بالإضافة إلى فقد في الطاقة نتيجة الصرف لمياه التبريد المسببة للتلوث الحراري، وفي حالة ترشيد هذه الطاقة يمكن استخدامها في أنشطة إنتاجية مع الحد من التلوث. لقد أثبتت الدراسات البحثية أن التلوث الناتج من كثير من العمليات الصناعية هو لعدم كفاءتها الإنتاجية بما يتطلب رفع الكفاءة الإنتاجية لهذه المصانع للحد من التلوث بدرجة كبيرة. حيث لوحظ أنه في الصناعات التعدينية والغذائية وفي مصانع الزيوت والصابون وصناعات أخرى أن العملية الصناعية ليست بالكفاءة المطلوبة، وذلك لاحتواء المخلفات السائلة من هذه الصناعات على كميات كبيرة من الخامات والمواد الوسيطة المستخدمة في الإنتاج بالإضافة إلى المنتج النهائي لعملية التصنيع نفسها. وهذا النوع من المواد يعتبر إستنزاف للموارد وخسارة مباشرة للصناعة بالإضافة إلى أنه إضافة كبيرة لمصادر التلوث.

التقنيات الحديثة للحد من التلوث قد تطورت بما يمكن من التعامل مع الملوثات الصناعية لكل نوع من الصناعات. بالإضافة إلى العمل على رفع كفاءة الإنتاج من خلال تطوير تقنيات الإنتاج للمحافظة على كفاءة استخدام الخامات والمنتجات وتحقيق عائد إقتصادي مع الحد من التلوث وفي مجال التطوير تبنى التقنيات الحديثة مبدأ الحد من المخلفات الصناعية وتحقيق أقصى إستغلال للطاقة (Conservation of Material and Energy). وقد لوحظ أنه في حالة ترشيد استخدام الموارد الطبيعية أدى ذلك إلى خفض التكاليف والحد من مشاكل التلوث.

٣- مصادر مياه الصرف الصناعي وما تحمله من ملوثات:

كل العمليات الصناعية ينتج عنها مياه صرف صناعي والتي يجب أن تعود إلى الطبيعة ومصادر ها هي:

- مياه العمليات الصناعية المستخدمة لعمل مجال مائي للصناعة ثم التخلص منها، مياه عمليات غسيل ونظافة الخامات والمنتجات، مياه فصل الخامات، مياه الشرب.

- مياه التبريد للعمليات الصناعية المختلفة والذي يمكن أن يكون بالتمرير لمرة واحدة أو لعدة مرات (Multiple Cycle Cooling System). نظام التبريد للمرة الواحدة تستخدم كميات ضخمة من المياه مرة واحدة وتعود ثانيا إلى الطبيعة، نظام التبريد بالتدوير لعدة مرات حيث تستخدم أبراج تبريد مختلفة الأنواع لتصريف الحرارة الزائدة إلى الجو وهذه تحتاج إلى الغسيل والنظافة من أن إلى آخر لمنع تراكم الأملاح والتراكم البيولوجي (Biofouling).

- مياه الصرف الصحى: وهو ناتج المياه من استخدامات العاملين وصرف مياه الأمطار. مياه الصرف الصحى يتم معالجتها فى محطات معالجة الصرف الصحى بواسطة المرفق وذلك لمنع إنتشار البكتريا المسببة للأمراض الوبائية. عادة مياه الصرف الصناعى لاتسبب تلوث بالقدر الكافى بفعل الكائنات الدقيقة الممرضة ولكن بفعل التفاعلات الكيماوية بالطرق المباشرة أو غير المباشرة.

- بعض مياه الصرف الصناعى تتحلل بسرعة حيث أكسدتها بالاكسجين سريعة، والبعض الآخر سام ويسبب مخاطر على البيئة. وإن كانت مياه التبريد والتي تشكل ٦٠% من مياه الصرف الصناعى هى أقلها خطورة إلا أنه يمكن أن تحتوى على مياه العمليات الصناعية نتيجة التسرب فى أنظمة التبريد، حيث نظم تدوير وإعادة الاستخدام لمياه التبريد تزيد من تركيز الملوثات العضوية وغير العضوية بما قد يسبب تلف للمعدات.

٤- الملوثات فى مياه الصرف الصناعى وأثرها على المسطحات المائية:

طبقا لنوع الصناعة فإن الملوثات التى يلزم إزالتها قبل الصرف على المسطحات المائية كالآتى:

- المواد العضوية: وهذه تسبب إنتفاص فى الأكسجين المذاب والذى يؤثر على حياه الكائنات المائية.

- المواد الصلبة العالقة: وهى ترسب فى المجارى المائية مكونة طبقة مسن الرواسب المحتوية على المواد العضوية التى تتحلل ببطئ مسببه نقص فى الاكسجين المذاب وتساعد غازات ضارة.

- المواد العضوية المسببة للمذاق والرائحة: حيث عند استخدام المجرى المائي كمصدر لمياه الشرب فإن الفينول والمواد العضوية سوف تغير من مذاق ورائحة المياه. وفي حالة عدم إزالة هذه الملوثات قبل الصرف فتسبب الحاجة إلى معالجة إضافية لمياه الشرب بالإضافة إلى المعالجة التقليدية بالمرشحات.

- المعادن الثقيلة، السيانيد، والمواد العضوية السامة: وهذه من مسببات السمية والأمراض المزمنة بما يلزم إزالتها.

- اللون والعكارة: وهذه تسبب مشاكل بالنسبة للشكل العام للمياه في حالة كونها غير ضارة أحيانا.

- النيتروجين والفوسفور: وهذه تساعد على نمو الطحالب والنباتات المائية كما أنها مسببة للسمية للكائنات المائية.

- المواد المتبعة غير القابلة للتحلل البيولوجي: وهذه تسبب تسمم لكائنات المائية وبعضها يحدث رغاوى كما في حالة المنظفات الصناعية.

- المواد الطافية والمتطايرة: وهذه تسبب عتامة للمياه، كما أن المواد المتطايرة مثل كبريتيد الهيدروجين تسبب تلوث.

ولذلك فإن القوانين والقرارات المنظمة للصرف لمياه الصرف الصناعي تحدد المعايير والنسب لمختلف الملوثات قبل الصرف على المسطحات المائية وكذلك قبل الصرف على شبكات الصرف الصحي والاستعمالات الأخرى.

٥- إن التداول الصحيح واستخدام طرق المعالجة المناسب لتحقيق عائد بيئي فقط بل كذلك عائد إقتصادي حيث يمكن إستعادة المواد الخام والوسيطه والمنتج النهائي من مياه الصرف هذا بالإضافة إلى تدوير وإعادة إستخدام المياه حيث

فى كثير من الصناعات يعتبر تدوير المياه ذو عائد إقتصادى كبير لما يحققه متى وفر فى نظم المعالجة طبقاً لمتطلبات الصناعة والذى يمكن أن يصل إلى ٧ مليار متر مكعب سنوياً، ٦٠% منها نتيجة تدوير مياه التبريد.

٦- فى هذا الإصدار تم تناول موضوعات الصرف الصناعى والتخلص الآمن من المخلفات الصناعية فى ١٤ فصل:

- فى الفصل الأول: تم تناول تداول مياه الصرف الصناعى.
- فى الفصل الثانى: تم استعراض الإطار العام لنظم معالجة مياه الصرف الصناعى.
- وفى الفصل الثالث: تم استعراض طرق التصنيع وكذلك معالجات الصرف الصناعى للصناعات المعدنية والصناعات البترولية والمنسوجات ودباغة الجلود والصناعات الدوائية والغذائية.
- وفى الفصل الرابع: تم تناول معالجة مياه الصرف للصناعات الكيماوية.
- وتم تخصيص الفصل الخامس لتوضيح متطلبات المعالجة المسبقة لمياه الصرف الصناعى.
- وفى الفصل السادس: التعداد للمياه الحامضية أو القلوية.
- وفى الفصل السابع: تناول إزالة المعادن الثقيلة.
- أما الفصل الثامن: تم تخصيصه لطرق المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعى.
- وخصص الفصل التاسع: لمعالجة التلوث الحرارى لمياه التبريد.

- الفصل العاشر: تناول التداول ومعالجة الحمأة والزيوت والشحوم من المخلفات الصناعية.

- الفصل الحادي عشر: خاص بالملاحق.

والله أسأل أن يحقق هذا الإصدار ما نرجوه من الفائدة،،،

والله الموفق،،،

المؤلف

مهندس إستشاري

محمد أحمد السيد خليل

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
الفصل الأول : التداول لمياه الصرف الصناعي	١٧
مبادئ وطرق إدارة ومعالجة المخلفات الصناعية	
الأعمال المساحية والقياسات والرصد للمصنع	
التصرف في مياه الصرف الصناعي والتخلص من الحمأة	
الفصل الثاني : الإطار العام لنظم معالجة مياه الصرف الصناعي	٤٣
فصل المجالات	
المعالجة البيولوجية	
المعالجة الكيميائية	
معالجات متنوعة	
الفصل الثالث : طرق معالجة الصرف الصناعي لبعض الصناعات	٦١
الحديد والصلب	
المعادن الغير حديدية	
تكرير البترول	
الورق ولب الورق	
المنسوجات	
دباغة الجلود	
الصناعات الدوائية	
الصناعات الغذائية	

الصفحة	الموضوع
١٢٣	الفصل الرابع : مياه الصرف الصناعي من الصناعات الكيميائية مقدمة تقييم الملوثات في مياه الصرف للصناعات الكيميائية استخدام المياه في الصناعات الكيميائية وصناعة البتروكيماويات الخطوط العامة لمعالجة مياه الصرف من الصناعات الكيميائية الطرق الطبيعية الكيميائية لمعالجة مياه الصرف الطرق الكيميائية لمعالجة مياه الصرف تكنولوجيا الغشاء لمعالجة مياه الصرف الطرق البيولوجية
١٩٥	الفصل الخامس : المعالجة المسبقة والأولية لمعالجة الصرف الصناعي التسوية لتنظيم التدفقات فصل المواد العالقة
٢٤٥	الفصل السادس : التبادل التبادل بضبط الرقم الهيدروجيني أثر الرقم الهيدروجيني على عمليات المعالجة لمياه الصرف تحليل الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف ومنحنيات المعايرة تصميم نظم التحكم في الرقم الهيدروجيني التطبيقات الصناعية
٢٧٧	الفصل السابع : إزالة المعادن الثقيلة مقدمة أثر المعادن الثقيلة على نظم المعالجة البيولوجية ترسيب وترسيب الأيدروكسيد اعتبارات تصميمية أخرى

الصفحة

الموضوع

٣١٣ الفصل الثامن : طرق المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعي

مبادئ الأكسدة البيولوجية

المعالجة البيولوجية الهوائية واللاهوائية

الأحواض للمهواء

عمليات الحمأة المنشطة

معالجة الصرف الصناعي في محطة المعالجة بالحمأة المنشطة

للمصرف الصحي

المرشحات البيولوجية

المعالجة البيولوجية اللاهوائية

٣٤٥ الفصل التاسع : معالجة التلوث الحراري لمياه التبريد

مقدمة

آلية التخلص من حرارة مياه التبريد

نظم التبريد

٣٥٧ الفصل العاشر: تداول الحمأة ومعالجتها والتخلص من الزيوت والشحوم من

المخلفات الصناعية

تداول الحمأة

إزالة الزيوت والشحوم

إزالة الزيت من مياه الإنتاج في حقول البترول

٣٩١ الفصل الحادي عشر : الملاحق

٣٩٣ (أ) الاختيارات لمياه للمصرف الصناعي

٤٠٧ (ب) معايير للمصرف للمخلفات على المسطحات المائية

الموضوع	الصفحة
(ج) التقييم لنتائج الرصد والتحليل ومتطلبات المعالجة المسبقة ٤١١ والميزان المادى.	
(د) للقواعد التصميمية لتكنولوجيا المعالجة الكهروكيميائية لمياه الصرف الصناعى.	٤١٧
(هـ) الكيمولويات المستخدمة فى المعالجة الكيميائية للمياه	٤٢٧
(و) الإخصاص بالكربون المنشط.	٤٣٣
(ز) عمليات الغشاء	٤٣٧
المراجع :	٤٤٥

الفصل الأول

التداول لمياه الصرف الصناعي

١- مقدمة:

تعتبر طرق المعالجة لمياه الصرف الصناعي من التقنيات الحديثة، ولكنها فى نفس الوقت سريعة التطوير والتحديث. توجد إختلافات كثيرة فى مكونات وتركيز مياه الصرف الصناعي من صناعة إلى أخرى وكذلك من مصنع إلى آخر لنفس المنتج الصناعي، وكذلك من يوم إلى آخر أو من ساعة إلى أخرى فى المصنع الواحد. وكان ذلك هو الدافع لتطوير طرق المعالجة التقليدية وتبنى عمليات تكنولوجيا طبيعية وكيميائية وبيولوجية وتقنيات جديدة كلية لمعالجة مياه الصرف الصناعي.

نظراً للحرص الشديد للمحافظة على نوعية المياه، فقد زاد الاهتمام نحو الصناعة كأكبر مستخدم للمياه وبالتالى من أكبر مصادر تلوثها. العمليات الصناعية من كل نوع ولكل المنتجات تنتج تركيزات عالية من الملوثات تزيد عن تلك الموجودة فى مياه الصرف الصحى، ولهذا أصبح لزاماً على كل مهندسى البيئة سواء فى مجال الهندسة الصحية أو فى مجال الصناعة القدرة على تصميم ومعالجة أى أو كل أنواع المخلفات. كما أن محدودية المساحات المتاحة أوجبت المعالجة المشتركة لمخلفات الصرف الصحى والصرف الصناعي. ولذلك أصبح من واجبات مهندسى الهندسة الصحية تقييم مدى المعالجة لمخلفات صناعية معينة فى محطة معالجة مياه الصرف الصحى وتقدير متطلبات المعالجة المسبقة. ولكن زيادة

وتطور الصناعة زاد من تعقيد تدفقات مياه الصرف الصناعي والذي ترتب عليه أهمية توفير عناصر متخصصة في معالجة مياه الصرف الصناعي.

إن معالجة مياه الصرف الصناعي لا يمكن أن تتفصل عن المشكلة الكبيرة والتي هي إدارة المخلفات الصناعية. حيث يمكن للمصنع ممارسة بعض من التحكم بالنسبة لكمية ونوعية تدفقات مياه الصرف وذلك باختيار خامات بديلة و/أو باستخدام طرق إنتاج بديلة، ولذلك فإن إخصائي معالجة مياه الصرف الصناعي يجب أن يكون لديه معلومات إضافية عن العلاقة بين المواد وبدائل التصنيع وكذلك خواص تدفقات مياه الصرف الصناعي.

لا توجد صناعيتين متماثلتين في طبيعة وكمية مياه الصرف التي تنتج من كل منهما. حتى في نفس المصنع الواحد فإن تدفقات مياه الصرف ومكوناتها تختلف بين المصانع المنتجة لنفس المنتج النهائي بما يزيد أحيانا عن ألف ضعف.

في أى مصنع يختلف معدل تدفق ومكونات الصرف الخام خلال اليوم وذلك طبقا لمعدل الإنتاج وورديات الإنتاج وعمليات التنظيف... الخ. كذلك فإن التغيرات الموسمية هي من خواص كثير من الصناعات وخاصة تلك التي تعتمد على المواد الخام الطبيعية مثل الحاصلات الزراعية.

التغير في التركيز وفي المكونات وفي معدل التدفق لمياه الصرف الصناعي للمصانع المنتجة لنفس النوعية للمنتج النهائي تتطلب توفر معايير تصميمية لمعالجة مياه الصرف الصناعي والتي تتم طبقا لبرنامج إدارة المخلفات والتي يتم تصميمه لتناول مشاكل التلوث لصناعة معينة.

٢- مبادئ وطرق إدارة ومعالجة المخلفات الصناعية:

الخطوة الأولى في هذا المجال هي المباحث الأولية والتي تعتبر ذات أهمية كبيرة حيث تشمل تصنيف المخلفات، الأعمال المساحية للمصنع، التحاليل المعملية

وعمليات أخرى. يلى ذلك إختيار تقنيات حل مشكلات معينة كما أظهرته عمليات المباحث الأولية حيث يتم الرصد والتحكم وخفض المخلفات ومعالجة المخلفات والتخلص من المخلفات.

أ- المباحث الأولية:

الخطوة الأولى فى المباحث الأولية هى معرفة معايير الصرف للمخلفات السائلة طبقاً لقانون البيئة رقم ٩٤/٤. ملحق (ب).

الملحق (أ) يوضح التحاليل المعملية لمياه الصرف ومعايير الصرف على المسطحات المائية غير العذبة وكذلك الصرف فى شبكة المجارى العامة. يلى ذلك تصنيف المخلفات القابلة للمعالجة فى محطات الصرف الصحى وتلك التى لا تتوافق مع نظم معالجة مياه الصرف الصحى. وعلى هذا الأساس تتم المعالجة المسبقة حتى تصبح مياه الصرف الصناعى مطابقة لمعايير صرفها أو معالجتها فى محطات الصرف الصحى. الملحق (ج) يوضح حسابات المعالجة المسبقة.

ب- الملوثات فى مياه الصرف الصناعى والتى يمكن معالجتها فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى:

وهذه تشمل معظم الصناعات الغذائية وبعض الصناعات العضوية الأخرى التى تنتج مخلفات خام مشابهة إلى حد ما لمخلفات الصرف الصحى. ولكن المخلفات الصناعية قد تكون أكثر تركيزاً أو أقل تركيزاً عن مخلفات الصرف الصحى. مثل هذه المخلفات السائلة يمكن خلطها فى شبكات الصرف الصحى العادية ومعالجتها فى محطات الصرف الصحى على أن يراعى الزيادة فى التحميل والتركيز وعمل المعالجة المسبقة إذا لزم الأمر ليتمكن الصرف على شبكة الصرف الصحى طبقاً للمعايير المقررة.

فى حالة الصرف على شبكة الصرف الصحى حيث تتم المعالجة فى وحدة معالجة مياه الصرف الصحى المحلية بما يوفر ميزة كبيرة للصناعة. ونظراً لأن المحليات تقوم بتشغيل وصيانة محطة المعالجة، فإن الصناعة تكون مسئولة فقط عن المساهمة فى التكاليف وكذلك إجراء المعالجة المسبقة. وفى حالات كثيرة قد لا تتوفر وحدة معالجة تابعة للمحليات، أو أن المنشأة الصناعية لديها وحدة معالجة خاصة بها.

المعالجات التى تتم فى محطة مياه الصرف الصحى تشمل المعالجة الأولية والمعالجة الثنائية. المعالجة الأولية عادة تشمل المصافى كبيرة الفتحات والترسيب حيث يزال جزء كبير من المواد الصلبة العالقة، مع التداول الجيد للمواد الصلبة الصناعية القابلة للترسيب شريطة عدم التحميل الزائد أو أن تكون الحمأة ذات خواص غير عادية. أما المعالجة الثنائية أو البيولوجية والتى تتم بالحمأة المنشطة أو بالمرشحات الزلطية والتى تشمل كذلك طرق معالجة بيولوجية أخرى وذلك لأكسدة وتحلل الجزء الكبير من المواد العضوية فى مياه الصرف. هذه المواد العضوية يتم قياسها وتقييمها عادة بالاكسجين الحيوى المطلوب ويرمز له بالرمز BOD_5 (Biological Oxygen Demand). أو بواسطة قياسات أخرى وهى الأكسجين الكيماوى المطلوب (Chemical Oxygen Demand - COD) أو الكربون العضوى الكلى (Total Organic Carbon - TOC). المكونات العضوية القابلة للتحلل البيولوجى يمكن إزالتها شريطة عدم تلف ظروف التكاثر البيولوجى، حيث يمكن أن يتم هذا التلف بفعل المكونات السامة، إرتفاع أو إنخفاض الرقم الهيدروجينى (pH) ودرجات الحرارة، عدم توفر غذاء البكتيريا من المواد النيتروجينية والفوسفور، أو بالتحميل الزائد من المواد العضوية.

المعالجة البيولوجية اللاهوائية أو الهضم (Digestion) يستخدم عادة لكل من الحمأة الأولية والثانية لمخلفات الصرف الصحى وذلك لتقليل الحجم وتحلل وتثبيت

المواد العضوية. المخلفات الصناعية التى تتوافق مع مخلفات الصرف الصحى فى المعالجة الأولية والثانوية تنتج حمأة تتوافق مع التحلل اللاهوائى لحمأة الصرف الصحى أو قد تكون قابلة للمعالجة بنظام خاص. الكلورة للتطهير ليست مطلوبة عادة. بعض الكيماويات المختزلة مثل أملاح الحديوز، (Sulphides & Sulphites) تزيد من مطالب الكلور للتطهير ولذلك فإن مثل هذه المواد يلزم إزالتها أو تدميرها قبل وصول المخلفات إلى عملية الكلورة والتى تكون عادة المعالجة الأخيرة قبل الصرف.

ج- الملوثات فى مخلفات الصرف الصناعى التى لاتعالج فى محطات الصرف الصحى: (In Compatible Pollutants)

مقارنة بالمخلفات من الصناعات الغذائية والصناعات الأخرى والتى يمكن معالجتها بنفس طرق المعالجة التقليدية المستخدمة لمياه الصرف الصحى، فإن كثيراً من المخلفات الصناعية تحتوى على ملوثات التى لا تتوافق مع معالجة مياه الصرف الصحى. أكثر هذه الأنواع التى لا تتوافق مع عمليات المعالجة هى التى تتداخل مع عمليات المعالجة مثل قتل أو إعاقة الكائنات البيولوجية بالمواد السامة. وهذه تشمل السيانيد، المعادن الثقيلة، الأحماض، والزيوت البترولية والشحومات. هذه المواد فى حالة وجودها بتركيزات مخففة تمثل نوع آخر من عدم التوافق حيث أن الملوث لا يؤثر ولا يتأثر بعملية المعالجة، حيث يمر خلال محطة المعالجة إلى المسطح المائى بدون أى تغير باستثناء درجة قليلة من التخفيف. كذلك توجد معايير للحد من دخول بعض المواد الأخرى إلى محطة المعالجة مثل المواد القابلة للاشتعال والمواد المتفجرة والمخلفات العدوائية والمخلفات اللزجة أو الصلبة والتى تعيق حسن الأداء للمحطة وكذلك التغير الشديد فى معدلات التدفق أو أحمال المخلفات. كثير من الصناعات الكيماوية والتعدينية تنتج ملوثات لا تتوافق مع الصرف الصحى المنزلى بالنسبة لخطوط المواسير والمعالجة. لذلك فإنه يجب

إزالتها أو إعاقه نشاطها (مثل صرف المخلفات فى شبكة الصرف الصحى أو المعالجة المحلية بالطرق البيولوجية).

التوصيف الأخير للملوثات سواء كانت متوافقة أو غير متوافقة يجب أن يبنى على دراسة معينة لنظام الصرف الصحى الذى تصرف إليه مخلفات الصرف الصناعى. الكائنات البكتيرية (Biomass) لأى نظام معالجة بيولوجية يمكن أن يتوافق مع مواد عضوية معينة والتي من المقرر طبقاً للمعايير الحد منها، حيث التخلص من مثل هذه المواد قد يسبب إعاقه كفاءة نظام المعالجة.

نظم المعالجة المتقدمة للمخلفات أو النظم الطبيعية والكيمائية فى محطة معالجة مياه الصرف الصحى التى تشمل ضبط الرقم الهيدروجينى والإضافات الكيمائية لمعالجة مياه الصرف الصحى، يمكنها كذلك إزالة ملوثات غير عضوية معينة. طاقة الإزالة هذه يجب أن تؤخذ فى الاعتبار نحو التركيزات المقبولة لهذه المواد الغير عضوية فى مياه الصرف الصناعى التى تدخل محطة معالجة الصرف الصحى.

٣- الأعمال المساحية والقياسات والرصد للمصنع: (Plant Survey)

نظراً لأنه من الصعب تحديد مشاكل مياه الصرف لمصنع معين بدون الدراسة الحقلية المخططة جيداً والتي يتم تنفيذها بدقة لأنها الوسيلة الوحيدة المناسبة، ذلك رغم أن المعلومات المتاحة أو البيانات العامة عن المصانع المماثلة وهى متوفرة فى المراجع العلمية يمكن أن تفيد كثيراً.

ليس الغرض من هذا هو وضع معايير التصميم أو التحسين وعمل التوسعات فى نظام المعالجة ولكن لخدمة أغراض أخرى. فهى تفيد فى تحديد إذا كان صرف المصنع متوافق مع معايير الصرف المقررة طبقاً لقانون البيئة ٩٤/٤ وكذلك الكشف عن المعايير المخالفة ومتى ولأى حد.

المهمة الأولى للدراسة المساحية (الحقلية) لمياه الصرف هى لتوفير البيانات والحقائق الضرورية لعمل برنامج كامل لإدارة المخلفات. برنامج إدارة المخلفات هو إجراءات تزيد عن نظام المعالجة، حيث أنه يبدأ بما يودى الى خفض التكاليف، وزيادة الثقة فى المعاونة بالمعالجة فى محطات الصرف وذلك خفض مياه الصرف اللازم معالجتها. بيانات الدراسات الحقلية تبرز طرق ترشيد استخدامات المياه بالتدوير وإعادة الاستخدام أو ببساطة تقليل الاستخدام الحقيقى. تنفيذ الدراسات المتاحة فى المراجع العلمية حيث تبين مقارنة رقمية للمصانع المشابهة فى الصناعة. فائدة متعلقة بهذا الموضوع وهى الكشف عن الفقد فى المواد بالتركيز الغير عادى للمنتج، المواد الخام، المعايير المتعلقة بهذه المواد فى مياه الصرف.

أ- تخطيط الدراسة الحقلية والرصد:

تصمم الأعمال المساحية والدراسات الحقلية لقياس كمية وأحيانا نوعية المياه الداخلة وكذلك كمية ونوعية تدفقات مياه الصرف الصناعى. التخطيط الجيد المسبق للدراسة الحقلية لمياه الصرف يفيد فى تحقيق أقصى إستفادة.

عند تحضير برنامج الدراسة الحقلية فإنه يجب تعريف الغرض منها وتفهمه. فإذا كان لدراسة مدى التطابق أو الحيود نسبة إلى المعايير المقررة للصرف فإنه يجب الإشارة إلى المعايير المقررة والمنظمة لذلك. نوع وكمية البيانات التى يتوقع أن توفرها الدراسة الحقلية يجب توضيحها تماماً مع التركيز على الحصول على البيانات الهامة.

عادة تجرى الدراسة على كل المصنع، ولكن قد تكون لمساحة معينة فى المصنع مثل قسم إنتاج معين أو مجموعة صغيرة من الأقسام. وقد تكون المساحة المخدومة بمصدر مائى معين. مهما تكن المساحة فإن التخطيط يجب أن يشمل البيانات ودراسة الخرائط لتوضيح الحدود، ومعدات التصنيع، مصادر المياه ومياه

الصرف، وكذلك مخطط وضع شبكة الصرف بالتفصيل. فى المنشآت الصناعية القديمة عادة مسار خطوط مواسير الصرف تكون غير معروفة بما يتطلب معرفتها وتعقبها باختبارات الصبغة أو بأى طريقة مماثلة. المدة الزمنية للدراسة الحقلية يجب تحديدها مسبقاً. أدنى فترة زمنية يمكن أن تكون ٢٤ ساعة أو يوم عمل كامل. الدراسة المتقنة لأغراض التصميم تتطلب من ٥ إلى ١٤ يوم.

يجب مضاهاة المدرسة الحقلية لمياه الصرف مع العمليات الإنتاجية، كما يجب أن تتم أثناء فترة العمل العادية للمصنع إلا إذا كان هناك سبب آخر لعكس ذلك. المخلفات التى تحدث أثناء وردية النظافة تختلف عن مخلفات الإنتاج حيث يجب أن تكون لها دراسة خاصة، أو أن يتم أخذ عيناتها منفصلة وبيانات التحاليل تكون منفصلة.

تشمل الخطة قياس المياه الداخلة إلى مساحة الدراسة أثناء الفترة الزمنية لعمل الدراسة لأغراض المقارنة وكذلك لتسجيل مصدرها لتوضيح بعض البيانات مثل قياس كميات المياه من المدينة، أو المياه من الآبار أو من المجارى المائية أو المياه التى تم تدويرها وكذلك المياه من أى مصدر آخر. قد يكون أحياناً مطلوب التحليل للمياه الداخلة والمستخدمة ولكن ليس بمعدل أخذ عينات مياه الصرف.

كل مجارى مياه الصرف يجب قياسها مع أخذ عينات عند نقطة أو أكثر من نقطة. يجب إختيار هذه النقاط لخدمة الغرض المحدد من الدراسة. يمكن أن تكون نقطة صرف واحدة تكفى فى حالة الغرض من تحديد مدى تطابق نوعية الصرف مع القوانين المنظمة للصرف على المسطحات المائية أو فى شبكات الصرف الصحى. فى حالة عمل الدراسة الحقلية بغرض وضع البيانات الخاصة بالتصميم فإنه يتم تقييم عدد من فرعات التدفقات بالإضافة إلى الصرف النهائى. فى جميع

الحالات، فإن أجهزة قياس التدفقات وكذلك أجهزة أخذ العينات يجب وصفها فى التنفيذ قبل بدء الدراسة الحقلية.

يتم مضاهاة بيانات الإنتاج وتسجيلها لفترة زمنية مع بيانات مياه الصرف حيث قد يكون المطلوب هو تقييم التدفق والملوثات بمعدل الرطل أو الكيلو جرام لكل وحدة من الإنتاج، بالإضافة إلى الوحدات التقليدية للتركيز. كذلك فإن مقارنة بيانات الدراسة الحقلية مع بيانات الإنتاج تمكن من تقدير احتمالات الآثار البيئية مع زيادة الإنتاج.

بالإضافة فإنه يجب جمع البيانات عن تدفقات المجارى المائية المستقبلية أو خطوط الصرف الصحى المستقبلية وذلك بالنسبة لفوق التيار وتحت التيار. فى مساحات معينة متطلبات الصرف للمجارى السطحية يختلف طبقاً لمعدل التخفيف. كذلك فإن قوانين الصرف تنص على نوعية المياه فوق التيار وتحت التيار بما يتطلب أخذ العينات، كما أن تعيين نوعية المياه فوق التيار ضرورى لتعيين تأثيرات ملوثات معينة.

أخيراً فإن مرحلة التخطيط يجب أن تغطى تدريب طاقم الدراسة الحقلية، بما يمكن من معرفة كل فرد بمسئوليته وواجباته واستعداده لتنفيذها.

ب- قياس التدفقات (Flow Measurement)

الجزء الأساسى فى الدراسة الحقلية لمياه الصرف هو قياس التدفق عند كل النقط الاستراتيجية. وهذه تشمل كل تدفقات المياه إلى المصنع أو إلى منطقة الدراسة الحقلية، كذلك كل المياه الخرجة، وكذلك إختيار تدفقات متوسطة مثل التدفقات فى وحده إنتاجيه. التدفقات المتوسطة يمكن تأجيلها إلى دراسة حقلية لاحقة ولكن فى حالة إمكان تنفيذها يزيد من قيمة الدراسة الحقلية. طرق قياس التدفق متعددة، بالإضافة إلى الأنواع التقليدية لأجهزة القياس فإنه يمكن إستخدام بعض

الطرق مثل ملئ وعاء معاير، أو ملاحظة إرتفاع منسوب المياه فى بياره، أو باستخدام القياس للفترة الزمنية لطلمبة ذات طاقة ضخ معروفة، أو باستخدام المخطط الموضع فى الملحق (أ) لتعيين التدفق فى ماسورة ممثلة جزئياً وذات مقطع ثابت.

تغير معدل التدفق يتساوى فى الأهمية مثل متوسط التدفق خلال ٢٤ ساعة ويجب عمل الاستعداد لتسجيله، ويكون هذا ضرورى فى حالة تحضير عينات مركبة نسبياً. أى نوع من أجهزة قياس التدفق تتشأ ثلاثى:

- توضيح التدفق والذى يتطلب الملاحظة النظرية على فترات مناسبة.
- تسجيل التدفق حيث يمكن أن يتم على رسم بيانى بصفة مستمرة.
- حساب التدفق، حيث تتوفر قيمة إجمالى التدفق خلال فترة الدراسة الحقلية أو أى جزء منها.

يمكن كذلك توفير أى جهاز آلى لأخذ العينات بطريقة نسبية بجهاز قياس يصمم لحساب قياسات التدفق.

يمكن تعريف المراقبة بأنها القياس المستمر لمعايير التلوث بواسطة أجهزة آلية للبيان أو للتسجيل. هذه الطريقة أفضل من طريقة أخذ العينات والتحليل المعملية ولكنها متاحة فقط لعدد محدود من المعايير كما أن تكلفتها مرتفعة نسبياً. ولكن هذه التكاليف يمكن أن تكون إقتصادية فى حالة استخدام هذه الأجهزة لمراقبة والرصد والتحكم فى نظام المعالجة لمياه الصرف.

ج- معايير التلوث:

معايير التلوث التى يتم مراقبتها عادة هى درجة الحرارة، الرقم الهيدروجينى. أجهزة القياس لواحد من هذه البيانات أو لكليهما متاحة على نطاق واسع لقياس

التدفقات لمياه الصرف إما إلى المسطحات المائية أو إلى شبكة الصرف الصحي. وهي تجهز أحيانا بنظام إنذار أو بتحويل التدفق والذي يعمل طبقا لدرجة الحرارة أو الرقم الهيدروجيني في حالة تعدى الحدود المسموح بها لقيم هذه المعايير.

نوعية معايير أخرى يمكن قياسها بأجهزة حديثة مثل التوصيل الكهربى لقياس الأملاح الأيونية المذابة، اللون، العكارة، الأكسجين المذاب. وكذلك توجد أجهزة الزيوت والشحوم وأيونات معينة.

بالنسبة لكثير من المعايير الهامة يمكن تقييم نوعية مياه الصرف بأخذ عينات من المجرى الرئيسى لمياه الصرف، هذه العينات يمكن إختيارها فى الموقع بالنسبة للون ودرجة الحرارة والرائحة وبعض الخواص الظاهرية الأخرى - التحاليل المتقدمة تتم فى المعمل.

د- أخذ العينات:

لتحقيق الغرض من الدراسة الحقلية فإن العينات يجب أن تكون مطابقة للواقع، أى أن تكون مكونات العينة مثل مكونات المجرى الذى أخذت منه. أبسط نوع لأخذ العينات هو العينة المخطوفة (Grap Sample) والتي تؤخذ بغمر إناء مناسب فى المجرى. تكون العينة مقبولة عندما تكون ممثلة لجزء من المجرى التى أخذت منه عند هذه النقطة، ولكن عيوب ومخاطر قبول عينة مخطوفة واحدة كأن تكون ممثلة لتدفق يوم ولكن أحيانا يكون ذلك أفضل ما يمكن.

العينة المركبة (Composite Sample)، تعد بخلط عدة عينات مخطوفة وهى واقعية أكثر من العينة المخطوفة. هذه العينة المركبة يمكن أن تكون من ١٢ عينة مخطوفة مأخوذة بفواصل خمسة دقائق خلال ساعة.

العينة المركبة خلال ٢٤ ساعة يمكن أن تتم خلال ٢٤ عينة بفواصل كل ساعة، أو ٢٨٨ عينة بفواصل ٥ دقائق لكل عينة. تقنية أخرى لتحضير عينة مركبة هى

بسحب مستمر صغير من تدفقات المصدر فى إناء العينة. العينة الوحيدة الممثلة للواقع هى بجمع كل تدفقات المصدر فى إناء واحد ثم الخلط الجيد ثم سحب عينة. هذه التقنية نادراً ما تستخدم، حيث يمكن تطبيقها فقط للتدفقات الصغيرة للمخلفات الثابتة (التي لا تتحلل). ولكن البديل المناسب هو أخذ العينات بطريقة جيدة من أن إلى آخر. عند تغير التدفق مع الوقت خلال الفترة الزمنية لأخذ العينات كما هو الحال غالباً، فإن العينة المركبة لتكون ممثلة للواقع الحقيقى إلا فى حالة أن يكون المكون للعينة يتناسب مع التدفق فى توقيت أخذ العينة. يمكن عمل ذلك بطرق متعددة. فمثلاً فى حالة جمع العينات كل ساعة فإن جزء من كل عينة الذى يتناسب مع التدفق يضاف إلى المحلول. مثال لذلك، التدفق المار خلال نقطة أخذ العينات هو ١٠٠٠٠ جالون لمدة ساعة من الساعة ٧ إلى الساعة ٨ صباحاً، يوضع ١٠٠ سم^٣ من العينة المخطوفة عند الساعة ٧،٣٠ فى وعاء العينة المركبة. فى حالة التدفق ١٢٠٠٠ جالون من الساعة ٨ إلى الساعة ٩ صباحاً يؤخذ ١٢٠ سم^٣ عند الساعة ٨،٣٠ من العينة المخطوفة ثم توضع فى وعاء العينة المركبة. إذا كان المعدل هو ٢٥٠٠٠ جالون من الساعة ٩ إلى الساعة ١٠ صباحاً يؤخذ ٢٥٠ سم^٣ عند الساعة ٩،٣٠ من العينة المخطوفة وتوضع فى وعاء العينة المركبة وهكذا لمدة ٢٤ ساعة فى اليوم. هذه الطريقة توصف عادة بالحجم المتغير والوقت الثابت (Volume Variable, Time Constant). الطريقة الثانية لجمع العينات المركبة طبقاً لمعدل التدفق تكون عكس العلاقة ما بين الحجم - الوقت وذلك بجمع كمية محددة من العينة عند تدفق عدد محدد من الجالونات، هذه الطريقة تسمى الحجم الثابت - الوقت المتغير (Volume Constant Time Variable). إختيار أى طريقة يتوقف على هيدروليكا موقع أخذ العينات، خصائص المخلفات، الأمان، سواء كانت الإنشاءات ثابتة أم مؤقتة.

أخذ العينات يمكن أن يتم يدويا أو آليا. في حالة الرغبة فى عمل الدراسة الحقلية بعد حوالى ٢٤ ساعة من التكرار أو لعمل دراسات حقلية أخرى لنفس المصنع فإن جهاز أخذ العينات الآلى يمكن استخدامه فى وقت قصير (Automatic Sampler).

جهاز أخذ العينات الآلى متوفر وهو يوفر أخذ عينات مركبة تتناسب مع التدفق (كل منها عبارة عن عينة مركبة صغيرة من عدة عينات تتناسب مع التدفق خلال تلك الساعة) والتي توفر خواص أخرى مثل التبريد عندما يكون ذلك ضروريا. مصنعوا أجهزة أخذ العينات الآلية لمياه الصرف أتموا تطوير متغيرات متعددة لخدمة أى غرض مطلوب فى الدراسة الحقلية.

حفظ العينات حتى الوصول إلى المعمل هام فى كثير من الأحيان، حيث يكون التبريد مناسب كذلك ويوصى به للعينات التى يتم إختبارها بالنسبة للأكسجين الحيوى المطلوب (BOD). بالنسبة لبعض المكونات الصناعية المعنية توضع مواد حفظ كيميائية فى وعاء العينة قبل بدء الدراسة الحقلية. نظرا لأن بعض مواد الحفظ هذه تتداخل مع تحاليل أخرى مطلوبة فإنه يجب التخطيط المسبق للبرنامج لتوفير كل ما هو ضرورى. جدول حفظ وتداول العينات موضح فى الملحق (أ).

هـ- التحاليل المعملية:

خطط التحاليل المعملية المطلوبة لمياه الصرف متوفرة فى مرجع الطرق القياسية لتحليل المياه ومياه الصرف (Methods for Standard Examination of Water and Waster Water).

بعض الطرق تكون تقليدية وخاصة بالنسبة للتركيزات المنخفضة جدا. كما أن بعض التحاليل يكون إختياري مثل الزيوت والشحوم. تفيد التحاليل فى توفير البيانات اللازمة لتصميم المعالجة أو لنظام الاستعادة.

عادة يتم أحيانا كتابة معايير الصرف لبعض المواد مثل تلك للزيوت والشحوم والسيانيد، حيث لا يتم ذكرها فى طرق التحاليل القياسية. تحديداً نرى أن معايير صرف السيانيد تشمل كل السيانيد بما فيه البسيط والمعد فى مياه الصرف، ولكن المعالجة المقبولة لتدمير السيانيد فى مياه الصرف مثل الكلورة يكون تأثيرها قليل أو معدوم على السيانيد المعد بما يتطلب تحاليل إضافية. بعض الاختبارات المعملية ذات الطبيعة الخاصة قد تكون مطلوبة لأغراض التصميم مثال لذلك إختبارات الترسيب لإزالة المواد الصلبة العالقة، تعيين منحنى المعايرة للرقم الهيدروجينى لتقييم تعادل مياه الصرف، والاختبارات البيولوجية لمعرفة جدوى المعالجة البيولوجية - بعض الاختبارات الأخرى التى تتم أحيانا وهى تعيين السمية باستخدام كائنات التجارب من أسماك ونباتات من أجناس خاصة (مقدمة الفصل السابع).

٤- تقييم الدراسة الحقلية: (Evaluation of the Survey)

يلزم المراجعة والتقييم لبيانات الدراسة الحقلية ومدى تحقيقها للهدف. وعادة فإن الميزان المادى الناتج من الدراسة مفيد دائماً، ولكن كفاءة الميزان المادى ليست متوقعة، حيث أن الأخطاء بنسبة ١٠% تعتبر الحد الأدنى أما نسبة الأخطاء ٢٠% فهى عادية. الزيادة فى التجاوزات لاتضعف الدراسة إلا أنه يلزم العناية فى تفسير وتقييم البيانات. يبنى الميزان المادى على كل حجم التدفق أو على ملوث واحد أو على مجموعة من الملوثات. الدراسة الحقلية التفصيلية للمصنع تعاون فى تحديد المصادر الرئيسية للتلوث أو الفقد فى المادة. وهى توفر البيانات عن الأحمال من الملوثات لعملية أو لعدة عمليات صناعية ويمكن تقييمها بمعدل ملجرام لكل لتر من المياه أو كيلو جرام لكل متر مكعب. يمكن تقييم التغير فى الحمل من الملوثات كتوسط يومى. بمقارنة نتيجة الأحمال من الملوثات بالصناعات المثلة حسب ما هو منشور فى الدراسات البحثية أو من الدراسات الميدانية فإن ذلك مفيد.

إكمال الدراسة وتقييمها يؤدي إلى توصيات محددة. التوصية الأولى قد تكون ببساطة إعتبار الدراسة كمحاولة مع إعادة تخطيط الدراسة لتصحيح الأخطاء فى المجالات العملية وغير ذلك. الدراسة الحقلية الناجحة قد تكون تلك الخاصة فى حالة نجاح الدراسة الأولية فى تحديد المصادر الرئيسية للتلوث. عادة الدراسة الأولية تشمل بعض البيانات الغير ضرورية، مثل إختبار الملوثات ذات الكميات القليلة جداً، وإلغاء هذه الاختبارات سوف يعطى الدراسة الحقلية التالية فرص أكبر للنجاح. الدراسة الناتجة من الطبيعى أن تكون محققة للغرض منها.

أ- التحكم فى الملوثات داخل المصنع (In Plant Waste Control)

الخطوة الأولى المنطقية لحل مشكلة الملوثات هى التعامل معها فى مصدرها وبمعنى آخر منع تكون الملوثات أو تقليلها ما أمكن بديلاً عن الاعتماد على المعالجة التى تتم للإزالة أو التحلل (Decomposition). وحتى وإن كان التخلص الكلى غير ممكن فإن أى تقليل فى الحجم أو التركيز يحقق فائدة إقتصادية - ولذلك فإن المهمة الأولى للدراسة الحقلية هى البحث عن مواقع الحد من الملوثات ليصل أقل حمل من الملوثات إلى وحدة المعالجة أو الصرف.

البرنامج المؤثر لخفض الملوثات يبنى على نتائج المباحث الحقلية. لتحقيق الفائدة من المباحث الحقلية للمصنع، يتم الحصول على بيانات كاملة بالنسبة لجميع المواد الخام الرئيسية، الكيماويات المستخدمة، والمواد الأخرى مثل الوقود ومواد التشحيم والتزييت. يتم إعداد الميزان المادى الذى يعد لكل المواد التى تدخل أو تخرج من قسم إنتاج معين أو موقع إنتاجى. مثال للميزان المادى فى الملحق (ج).

يمكن تحقيق الحد من الملوثات أو أبعادها تماماً بأحد الطرق الآتية:

- تحديث العملية الإنتاجية.

- باستخدام خامات بديلة.
- إستعادة المواد.
- تطوير العملية الإنتاجية.
- فصل الملوثات (Segregation of the Wastes).

استخدام أى من هذه الطرق أو كلها للتحكم فى تقنيات الإنتاج يتعلق بمعرفة أن الماء هو المادة الخام ونواتج الصرف هو المنتج الثانوى للعملية الإنتاجية. فى حالة قبول هذه الحقائق يكون من المنطق استخدام مبادئ مراقبة الجودة فى إنتاج مياه الصرف الصناعي.

(١) تحديث العملية الإنتاجية واستخدام خامات بديلة:

تلك طريقتين متداخلتين وسيتم مناقشتها كطريقة واحدة. فقد ثبت أن فرص الحد من الملوثات بتحديث العملية الإنتاجية لا نهائية، وإن كان تطبيق أى من التقنيات يلزم تقيمه فنيا وإقتصاديا وذلك لكل قسم من اقسام الإنتاج على حده. أحد الأمثلة التى تشمل تحديث العملية الإنتاجية واستخدام خامات بديلة والتى استخدمت على نطاق واسع للحد من التلوث هى صناعة الورق. فقد تم التغيير لعملية لب الورق (Pulping Process) من الكالسيوم القاعدى إلى المغنسيوم أو أحد الأملاح القاعدية القابلة للذوبان فى الماء، وبهذا التغيير أمكن إستعادة المواد التى كانت قبل ذلك تصل إلى مجارى الصرف وتتطلب تكاليف عالية للمعالجة. مثال آخر حيث كثيرا من مصانع الصلب غير من استخدام حامض الكبريتيك إلى حامض الهيدروكلوريك عند إعداد سطح المعدن (Pickling) للتشطيب، وبذلك أمكن إستعادة وإعادة استخدام حامض الهيدروكلوريك بدلا من عمليات التعادل (Neutralization) والترسيب ونقل الروبة من الكبريتات والتخلص منها. وفى نفس الصناعة تم خفض المياه المستخدمة فى عملية إعداد سطح المعدن بالحامض (Pickling) وذلك

باستخدام عملية بسيطة جافة مثل الترميل (Sand Blasting - Grit Blasting)، فى أى صناعة عند التحول من العمليات الرطبة إلى العمليات الجافة يقلل من أحمال الملوثات فى المياه، وإن كان تلوث الهواء بالعمليات الجافة يتطلب الغسيل الرطب (Wet Scrubbing) والذي بالتالى ينتج صرف سائل.

(٢) إستعادة المادة: (Material Recovery)

من بين عمليات الحد من التلوث هو إستعادة المواد من مياه الصرف وإعادة استخدامها - يتم ذلك فوراً بعد حدوث التلوث وقبل الخلط مع ملوثات أخرى فى مجرى الصرف، حيث تكون الملوثات أكثر تركيزاً وذلك قبل التخفيف والخلط مع ملوثات أخرى. فى صناعة الصلب يمكن فصل الأتربة الحاملة للحديد (مثل حالة إزالة الصدأ) وعودتها إلى فرن الصهر (Blast - Furnance). وفى صناعة لب الورق يمكن تخليص الكيماويات بفصلها عن لب الورق وتركيزها وحرقتها وتقوية الفضلات بكيماويات جديدة لإعادة الاستخدام.

وفى حالة عدم ملائمة إعادة الاستخدام المباشر عملياً فإنه يمكن استخلاص المادة فى عمليات خاصة. ومن العمليات الشائعة فى مثل هذه الحالات هو عند استخدام الكربون المنشط لتكرير السكر أو الكيماويات حيث يمكن تنشيط وإعادة استخدام هذا الكربون من خلال عملية للتسخين والأكسدة المحكمة (Controlled Heating and Oxidizing). مثال آخر أكثر تعقيداً حيث يمكن إستخلاص النيكل من عملية الطلاء المعدنى (Electroplating) بواسطة التبادل الأيونى، وملح النيكل المركز المصفى يمكن إعادة إستخدامه فى حوض الصباغة بالنيكل، والأكثر إستخداماً وأقل تكلفة هو استخلاص الفضة من مياه التحميص للصور الفوتوغرافية؛ حيث يتم ذلك بالإذاحة المباشرة فى خرطوشة من صوف الصلب (Direct Displacement In a Steel Wool Cartidge)، أو بالتريسيب الكهربى فى مسار

التدفق لمجرى الصرف. وفي أى من الحالتين فإن الفضة التى تم إستخلاصها لايعاد استخدامها مباشرة حيث يتم تصنيعها لإعادة الاستخدام فى مواد التصوير.

وأهم المواد التى يمكن تخليصها من مياه الصرف هى المياه نفسها. فالمياه مادة خام مفيدة جداً، ومياه الصرف قد تكون أكثر تكلفة عند التخلص الآمن منها. ولذلك فإنه من المنطق إعادة استخدام المياه فى المصنع عدة مرات ما أمكن. إعادة الاستخدام فى شكل دورة كاملة يتطلب معالجة جزئية (Partial Purification) كجزء من هذه الدورة، ولكن التكاليف قد تكون تصاعديّة إذا كانت المياه المستخدمة تزداد فى رداعتها قبل المعالجة النهائية أو الصرف. غسيل الأجزاء المعدنية المصبوغة يتم من خلال التدفق بالجاذبية من حوض إلى آخر حيث يمكن استخدام كل نقطة مياه مرتين أو ثلاث مرات بدون أى آثار ضارة على نوعية المنتج.

مياه الصرف التى تكون ملوثة فقط بالحرارة كما فى حالة استخدامها فى التبريد فإنها تحتاج فقط للتبريد لإعادة استخدامها، إلا أن هذا يؤدى إلى الزيادة المتدرجة فى الأملاح أو مواد صلبة أخرى فى هذه المياه بما يتطلب التعويض بصرف جزء من هذه المياه أو معالجتها. ورغم ذلك فإن تدوير مياه التبريد بعد تبريدها فى أبراج التبريد أو أحواض التبريد (Spray Ponds) واسع الإنتشار فى المنشآت الصناعية. عند وجود ملوثات غير الحرارة فى مياه التبريد فإنه يلزم إجراء معالجة جزئية خلال دورة التدوير مثل حوض الترسيب كما فى حالة صناعة الصلب حيث يستخدم الترسيب لإزالة (واستعادة) خردة الحديد (Millscale) جنباً إلى جنب مع كشط واستعادة الزيوت الطافية. المياه بعد هذه المعالجة تكون من نوعية مناسبة لإعادة الاستخدام فى الصناعة. تبخير المياه فى عملية الطلاء بالكروم (Chromuim Plating) يكون محلول مركز يمكن إعادة استخدامه فى حوض الطلاء.

وقد تجرى أحيانا المعالجة البيولوجية أو الكيماوية لإعداد المياه المستخدمة (Spent Water) لإعادة الاستخدام ولكن هذه الطريقة غير شائعة عموما حيث تستخدم فقط لصرف هذه المياه والتخلص منها. بعض الملوثات فى مياه الصرف الصناعي لا يمكن الاستفادة منها فى إعادة الاستخدام، والمثال الواضح فى هذه الحالة هو الصناعات الغذائية حيث الملوثات من فضلات المواد الغذائية العالقة بالمياه والتي لا يجوز صرفها على مجارى الصرف حيث يمكن استعادتها للاستخدام فى غذاء الحيوان. أما الفضلات الغذائية التي لا تناسب غذاء الحيوان فيتم استعادتها للاستخدام كمواد كيماوية بسيطة أو كسماد عضوى.

فى الصناعات الغير غذائية فإن إستعادة المواد الثانوية (By-Products) ممكن فى بعض الصناعات. فمثلا نجد فى مجمعات صناعة الصلب حيث تنتج كيماويات من الكولتار فى بطاريات الكوك، وفى حالة نقص الوقود يمكن حرق هذه المخلفات كوقود ثانوى. فى صناعة لب الورق حيث بالاضافة إلى إستعادة واستخدام الكيماويات المستخدمة فى عملية إنتاج لب الورق، فإنه يمكن إستعادة كيماويات من سائل الصرف لللب الورق. مثال لهذه الكيماويات التربينتين والفيرفورال (Turbentine and Furfural). وفى حالات غير عادية وناجحة أمكن استخلاص بعض مواد مكسبات الطعم (Flavourina Material) مثل الفانيلين (Vaniline) من سائل صرف الكبريتيد (Sulphide - Liquor). فى كثير من الحالات فإن إستعادة بعض المواد قد يكون أكثر تكلفة من قيمتها السوقية، ولكن تتمثل إقتصادياتها فى الحد من التكلفة اللازمة لمعالجة مياه الصرف.

ب- تطوير العملية الإنتاجية: (Operational Changes)

فى كثير من الصناعات يمكن خفض المخلفات بتطوير تقنيات النظافة. نظافة المنتجات وأماكن العمل يمكن أن تكون عملية مستمرة أو منقطعة فى غير وريجات

الإنتاج، وهذا يحتاج إلى إجراءات للحد من التدفق لمياه النظافة. يمكن تنفيذ ذلك باستخدام مياه النظافة تحت ضغط عالي ومعدل تدفقات منخفض وذلك بتدفقات من فتحات ضيقة (نافورة - Jet Stream) أو من رشاش. كما يمكن التقليل من الملوثات باستخدام التنظيف الجاف. كذلك يمكن خفض الملوثات فى مياه الصرف بتغيير مواد التنظيف المستخدمة. عملية النظافة والغسيل للقطع التى تم طلاؤها بالمعادن بدلا من غسلها ونظافتها بالنظام المستمر فى خط الإنتاج، يمكن أن يتم ذلك فى حوض لغمر القطعة حيث الاستهلاك الأقل للمياه، أو باستخدام الصرف الآلى لرشاشات المياه بضع ثوانى لكل قطعة بدلا من الرش المستمر. ونفس المبدأ يمكن تطبيقه فى عمليات صناعية أخرى كثيرة. النظافة الجافة مفيدة فى عملية إنتاج العجائن للمخبوزات، وكذلك نظافة المعادن بالترميل قبل استخدام الأحماض (Sand Plasting Ahead of Pickling)، وفى نظافة الأرضيات فى مصانع تصنيع اللحوم. كلما زادت إمكانية إزالة الملوثات فى الشكل الصلب كلما أصبح التخلص من مياه الصرف أبسط وأقل فى التكلفة. ولا يعتبر استبدال أنواع المنظفات المختلفة مفيد واقتصادى، فإذا كان مصدر التلوث بالمنظفات هو الفوسفور والفينول فإن استخدام منظف بديل يجب ألا يسبب ملوثات أخرى، وذلك مع عدم الاسراف فى استخدام المنظفات.

توجد دائما إجراءات بسيطة يمكن تنفيذها فى جميع المنشآت الصناعية للحد من التلوث. وكل هذه الإجراءات تعتمد على الحس العام والسلوك البيئى وتسمى هذه الإجراءات حسن الأداء داخل المنشأة (Good House - Keeping). كثير من هذه الإجراءات يتطلب الحد من البعثرة للمياه والمواد ذلك لخفض الأحمال من الملوثات وكذلك عبئ المعالجة بالإضافة إلى فقد فى المواد. بعض الإجراءات البسيطة التى يمكن أن يعيها العامل مثل زيادة زمن تصريف المياه من المنتجات أو المواد المبللة ما فى حالة تفريغ أوعية الألبان، والقطع التى تم طلاؤها بالمعادن

والمنسوجات التي تم معالجتها في المجال المائي (Wet Processed Textile) وذلك قبل نقلها إلى المرحلة التالية، وهذا سوف يقلل من إنتقال السوائل وانتشار الملوثات، ذلك مع إعادة السائل للعملية الإنتاجية لإعادة الاستخدام وعدم صرفه.

في حالة عدم إمكان تغادى التهديد في المواد أو السوائل فإن المساحات الملوثة قد تكون صغيرة لجمع الملوثات من مصدر واحد أو تخصيص مناطق لجمع المخلفات من قسم واحد مع عمل التسهيلات للوصول إلى مناطق الجمع سواء ميكانيكياً أو يدوياً بعد كل ورديّة.

ج- فصل المخلفات: (Segregation of the Wastes)

الإعتبار الأخير في التحكم في المخلفات هو جمع المخلفات، وبالتحديد القرار سواء بالفصل للمخلفات أو خلطها، حيث لكل حالة فوائدها. من الواضح أن المخلفات التي من المخطط إستخلاصها واستعادتها أو إعادة إستخدامها يجب فصلها عن باقي المخلفات التي يمكن أن تتداخل معها. حتى أن التخفيف البسيط غير مفضل نظراً لأن ذلك يجعل عملية الاسترجاع أكثر تعقيداً وأكثر تكلفة، كما أن الخلط مع مخلفات أخرى يجعل من الصعب الإستعادة لهذه المخلفات.

وبالمثل فالمخلفات التي تتطلب معالجات خاصة لاتخلط بملوثات أخرى إلا لأسباب مناسبة. فمثلاً مخلفات الكروميت (Chromite Wastes) التي تعالج بالإختزال الكيماوى لايجب تخفيفها نظراً لأن ذلك يتطلب زيادة الجرعة الكيماوية المطلوبة وإن كان يمكن خلطها بالمخلفات الحامضية البسيطة والتي تغيد في التفاعل. ومخلفات السيانيد التي تعالج بتدميرها بالكلورة يجب عدم خلطها بالمخلفات الأخرى من المعادن الثقيلة نظراً لتكون مركبات معقدة (Complexes) والتي تؤخر أو توقف عملية الكلورة.

وعلى الجانب الآخر فإن خلط ملوثات معينة لا يوجد مشاكل بل يكون مفيداً - فمثلاً يمكن خلط مخلفات الكروم بعد الاختزال والمخلفات من المعادن الثقيلة غير المحتوية على كروم أو سيانيد ومخلفات السيانيد بعد الكلوره وكذلك سائل التخليل (Pickling) والمخلفات الحامضية الأخرى والمنظفات القلوية والقلويات الأخرى. حيث المواد الحامضية والقلوية تتفاعل وعلى الأقل جزئياً. والخطوة التالية هى إضافة القلوى لترسيب المعادن الثقيلة. ولكن الخلط غير الكافى يمكن أن يتلف عمليات المعالجة. نوع آخر من الخلط له أهمية بالغة عند تنفيذه جداً وهو تسوية المخلفات (Equalization of the Wastes). مياه الصرف الصناعى عاد متغيرة بشكل كبير فى تكوينها وفى معدل تدفقها، وهذه الخاصية تجعل من الصعب المعالجة بنظام مستمر وبالتالي أقل قابلية للصرف على المجارى المائية. يمكن الحد إلى درجة كبيرة من التدفقات العالية وكذلك من التركيزات العالية وذلك بتوفير وحدة تسوية (Equalization Unit) على خط التدفق قبل المعالجة أو الصرف. بالنسبة للتدفقات الصغيرة وخاصة التى تكون سرعة تدفقاتها عالية فإنه عادة يمكن إحتواء كل التدفق فى يوم العمل (أو فترة زمنية مناسبة) فى حوض أو خزان بحجم مناسب. وتحدث التسوية أثناء الملى. ويتم معالجة محتوى الحوض أو الخزان كل مرة قبل الصرف على شبكات الصرف أو المجرى المائى. كما يمكن إستخدام حوضين متعاقبين بما يسمح بمعدل صرف ممتد، ولكن ليس دائماً ضرورياً. وكمثال عام، فإن مياه التهدير والإسكاب والغسيل وكذلك صرف أحواض الطلاء الكهربى الصغيرة يتم تجميعها فى حوض تجميع ذو سعة حوالى ٥ متر مكعب مع الخلط ويتم المعالجة فى مساء اليوم، مع السماح بالترسيب فى فترة الليل ثم يتم سحب المياه الرائقة وصرفها على شبكة الصرف الصحى قبل بدء العمل فى اليوم التالى. أما الحجم الصغير من الرواسب فيتم تركه فى حوض التجميع حتى نهاية الأسبوع حيث يتم للتخلص منه.

ويمكن كذلك تحقيق التسوية (Equalization) مع استمرار التدفق في حوض مجهز بتجهيزات للخلط أو بحواجز خلط (Mixing Baffles). وبهذه الطريقة يمكن توفير تقليل إلى حد ما للتغيرات في التدفق إلا إذا كان مسطح الحوض كبير (كما في حالة الأحواض والبرك). ولكن التركيزات العالية والتغير الكثير في الرقم الهيدروجيني يمكن خفضهما بدرجة كافية في نظام التدفق المستمر حيث يستخدم حوض ذو حجم كبير والذي يستوعب مياه الصرف عند أى معدل صرف متوقع. يتم الضخ من الحوض إلى وحدة المعالجة أو الصرف بمعدل ثابت أو بالتحكم في معدل التدفق بما يقترب من متوسط معدل تدفق المياه الداخلة إلى الحوض. المنسوب يتغير ومعدل الضخ الثابت يمكن التحكم فيه لمنع التفريغ الكامل للحوض وكذلك لمنع فيض المياه الزائدة عن سعة الحوض (Over Flow).

٥- التصرف في مياه الصرف الصناعي: (Ultimate Disposal)

إنه من غير الممكن إخفاء المادة ولكن يمكن فقط تحويلها من شكل إلى آخر. وينطبق ذلك على الماء والذي يمكن أن يتغير من الحالة السائلة إلى البخار أو أن يتحلل إلى عناصره الكيميائية ولكن لا يمكن فقدته كلية. المياه التي تستغل في منشأة صناعية يمكن أن تنتهي إما إلى جزء من مكونات المنتج النهائي أو كبخار ماء أو كمياه صرف صناعي. التدوير الكامل لكل مياه الصرف ليس ذو جدوى إقتصادية أو فنية لكل الصناعات أو كل أقسام الإنتاج في المنشأة الصناعية. وطبقاً لنتائج المباحث الأولية وبالتحديد الدراسة الحقلية للمصنع يمكن تقييم البدائل لتوفير التخلص المناسب لمياه الصرف الصناعي. وهذه تشمل الصرف على المسطحات المائية أو بالصرف في آبار الحقن الجوفى في المياه الجوفية أو باستخدامها في الأراضي أو بالصرف في شبكة الصرف الصحي. وسواء عولجت أم لم تعالج فإن مياه الصرف الصناعي تعود إلى الطبيعة أساساً بالصرف على المياه الطبيعية

- مثل المجارى المائية، البحيرات، البحار، أو إلى خفر تؤدي إلى أى منها. وقد نص قانون البيئة ٩٤/٤ على الإشتراطات والمعايير المنظمة لصرف مياه الصرف الصناعي والتخلص منها.

٦- التخلص من الحمأة: Sludge Disposal

أثناء معالجات مياه الصرف الصحي للصرف في البيئة الطبيعية أو في شبكة الصرف الصحي تزال ملوثات كثيرة من الروبة أو الحمأة (Sludge). الروبة تحتوي على الكيماويات التي إستخدمت في إزالة الملوثات، الحمأة تنتج في صور المعالجات ومراحلها المختلفة كأحواض الترسيب والمروقات ومصافي القضبان والمصافي والمرشحات وباقي وحدات الفصل. وقد تكون الحمأة (الروبة) في شكل سائل غير نظيف محتويا على مواد صلبة قليلة. (حوالي ٠,٥%) أو قد تكون مواد صلبة مشبعة بالماء (Soggy) أو في شكل قوالب رطبة (Wet Press Cake) ومهما كان الشكل فإن التخلص الآمن ليس بالأمر السهل.

كثيرا من المنشآت الصناعية تتخلص من مخلفاتها من الحمأة (أو الروبة) وأحيانا كل المخلفات التي يصعب معالجتها مثل مياه الطلاء الكهربى للمعادن (Electroplating) ومياه التحميص للصور الفوتوغرافية بواسطة جامعى مثل هذه المخلفات (Scavenger). والتخلص من المواد الصلبة تنقل بمقابل إلى متخصص أقدر على التعامل معها. ونظرا لأن جامعى مثل هذه المخلفات تحكمهم كذلك معايير التخلص ذلك لأنهم يتعاملون مع كميات كبيرة، فإن العائد من إستعادة المواد مثل الزيوت والمذيبات وكذلك إستعادة المعادن مثل الفضة والذهب والكروم... الخ يكون كبيرا.

يعتبر التخلص من المواد الصلبة من خلال جامعى المخلفات هو أسهل وسيلة وأقلها تكلفة وقد ينطبق ذلك على المنشأة الصناعية الكبيرة كذلك. وقبل التخلص من

الحماة (الروبة) سواء بواسطة جامعي المخلفات أو بطرق محلية في المصنع فإنه عادة يتم التعامل معها لتقليل الحجم. ولا ينطبق ذلك على حالات نشر الحماة في الأراضي أو صرفها في شبكة الصرف الصحي وإن كان هذا غير متبع عادة إلا أنه يمكن أن يكون مقبول في بعض الحالات. وفي جميع الحالات يكون من المفضل خفض حجم الروبة (أو الحماة). المياه الناتجة عن عملية تركيز الروبة عادة تكون من نوعية رديئة جدا حيث يعاد تدويرها إلى مجرى مياه الصرف الخام أو إلى وحدة المعالجة لمياه الصرف. إعداد الروبة (الحماة) وتركيزها يشمل طرق مختلفة منها التخلل أو الهضم (Digestion)، الترشيح، الطرد المركزي، التجفيف.

إستعادة المواد الثمينة من الروبة عملية ذات تخصص عالي جدا وعادة لاتمارس بواسطة المنشأة الصناعية منفردة. وقد جرت العادة أن تقوم المنشأة بفصل مثل هذه المخلفات وجمعها وبيعها إلى المتخصص في جمعها والتعامل معها واستعادة ما بها من مواد. التخلص النهائي من المخلفات الصلبة يتم بطريقتين أساسيتين وهما الحرق أو الردم. يعتبر حرق الحماة مناسب في حالة المحتوى العالي من المواد العضوية وإن كانت المواد غير العضوية تجف وتثبت في شكل أقل إذابة. وعند التخلص من المخلفات الصلبة في إستعمالات الأراضي سواء مخلفات الحريق أو بدون حريق فإنه يلزم التأكيد على خلو هذه المخلفات من المواد السامة. المخلفات العضوية لها قيمة سمادية للتربة كما أنها تعمل على تحسين خواص التربة. أما المخلفات غير ذات القيمة والتي بها مواد سامة فيتم دفنها في الأراضي غير المستخدمة كما في حالات الردم للمناطق المنخفضة من التربة مع الأخذ في الاعتبار عدم تسرب هذه المواد السامة مستقبلا إلى الخزانات الجوفية أو إلى أي أنشطة تنموية أخرى.

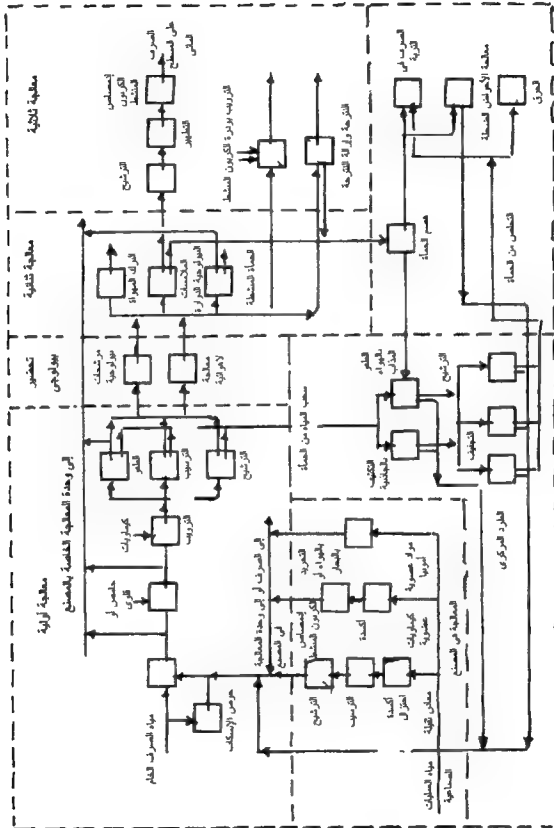
الفصل الثانى

الإطار العام لنظم معالجة مياه الصرف الصناعى

١- مقدمة:

بعد عمل كل الإجراءات المناسبة داخل المصنع لتقليل أو لمنع الملوثات عند مصدرها. حيث نستخدم تقنيات التدوير وإعادة الاستخدام، واستعادة المواد ذات الفائدة من مياه الصرف مع حسن الأداء داخل المصنع. تقوم المنشأة بعد ذلك بدراسة البدائل لصرف المخلفات. وهذه البدائل تشمل الصرف على المسطحات المائية أو على مجارى الصرف الصحى، أو بالصرف فى خزانات المياه الجوفية... الخ. وكل من هذه الطرق له مزاياه ومشاكله وفى كل الحالات فإن مياه الصرف الصناعى يلزم لها بعض المجالات قبل تركها للمنشأة الصناعية.

لا توجد طريقة واحدة لمعالجة كل أنواع مياه الصرف الصناعى، حيث تشمل تقنيات المعالجة كل عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحى بالإضافة إلى تقنيات أخرى لكل نوع من أنواع الصرف الصناعى. يتوقف تحديد نوع المعالجة أو تسلسل عمليات المعالجة لمصنع معين أولاً على معايير الملوثات المطلوب إزالتها ودرجة الإزالة. هذا بالإضافة إلى اعتبارات أخرى مثل حجم مياه الصرف المطلوب معالجتها، وتركيز الملوثات فى مياه الصرف الصناعى الخام، التغير فى تدفقات مياه الصرف والتغير فى تركيزات الملوثات، والمناخ الذى يؤثر فى بعض أنواع المعالجة وطبيعى الاقتصاديات الكلية لهذا الاختيار. الشكل (٢/١) يوضح الإطار العام لمعالجة مياه الصرف الصناعى.



شكل (٢/١) الخطوط العامة لمعالجة مياه الصرف الصناعي

المعالجات الخاصة بمياه الصرف الصناعي تشمل أربع أنواع عموماً وهي:

١- الفصل للمجالات المختلفة (Phase Separation) كالمواد الصلبة عن السائلة.

٢- المعالجة البيولوجية.

٣- المعالجة الكيماوية.

٤- تقنيات أخرى.

ويصمم كل نوع من عمليات المعالجة لإزالة الملوثات في شكل محدد. ولذلك فإن الاختيار لا يبنى فقط على كمية المواد المطلوب إزالتها ولكن على الشكل الموجودة به. وأبسط مثال هو الصلب مقابل السائل. ولذا فإنه يجب الاستفادة بالتقنيات الحديثة المناسبة لضمان أقصى كفاءة للعملية.

٢- فصل المجالات:

من أكثر التقنيات فائدة في معالجات الصرف الصناعي ومياه الصرف الأخرى وأكثرها بساطة هو الفصل الطبيعي للمجالات. فمن المهم فصل المجال الصلب عن المجال السائل. وكذلك فصل المجال السائل اللامائي مثل الزيوت عن المجال المائي. والمجال الغازي - السائل له تطبيقات محددة للفصل وأحياناً يكون له قيمة لمخلفات معينة. تعتبر إزالة المواد الصلبة الخطوة الأولى في جميع عمليات المعالجة للصرف الصناعي، حيث يستخدم الترسيب أو فصل المجالات بفعل الجاذبية في أحواض الترسيب. ويمكن أن تتم على مرحلتين المرحلة الأولى حيث زمن المكث قليل (Detention Time) لإزالة الرمال والمواد الصلبة سريعة الترسيب، ثم الثانية الرئيسية لإزالة المواد الصلبة بطيئة الترسيب، حيث زمن المكث في الأولى حوالي دقيقة وفي الثانية حوالي ١٢٠ دقيقة. أما الزيوت والتي هي أخف من الماء فإنها تطفو على السطح في نفس الوقت ترسب المواد الأثقل من

الماء إلى القاع. وكلا من الحمأة فى القاع والخبث أو المواد الطافية على السطح (Scum) يزال بالإزالة الميكانيكية المناسبة والتي تعمل إما باستمرار أو على مراحل متقطعة طبقاً لما تمليه طبيعة وكمية المواد المرسبة والطافية. وتختلف كفاءة الإزالة للمواد الصلبة من صناعة لأخرى حيث يتوقف ذلك أساساً على الفرق فى الكثافة ما بين المادة الصلبة من صناعة لأخرى حيث يتوقف ذلك أساساً على الفرق فى الكثافة ما بين المادة الصلبة والسائل وحجم الجسيمات الصلبة والزمن اللازم للترسب. تتعثر عملية الترسب إلى درجة كبيرة بالتيارات المضطربة والدوامات المائية (Eddy Currents) والتي تكون نتيجة عدم كفاءة التصميم أو التحميل الزائد أو الاختلافات فى درجات الحرارة وتأثيرات أخرى بالنسبة للسرعة والكثافة. يمكن زيادة كفاءة الترسب بعملية التجميع للجسيمات الصغيرة (Agglomeration) إلى أجسام كبيرة وذلك إما بالترويب بالكيمائيات أو بزيادة زمن المكث (Holding Time). والبديل الآخر يتطلب أن يكون حوض الترسب ذو سعة كبيرة وهذا يسبب مشكلة (فى كثير من الصناعات) وهى أن الحمأة فى حوض الترسب يمكن أن تصبح لاهوائية (Anaerobic). نفس التقنيات لفصل المواد الصلبة يمكن تطبيقها فى عملية التلميع الأخيرة بعد المعالجة البيولوجية أو الكيميائية. فالترسب فى المروقات (Clarifiers) يسمح بإزالة المواد الصلبة التى لم ترسب فى أحواض الترسب الأولية بالإضافة وهو الأهم إزالة المواد الصلبة المتكونة بالتفاعلات البيولوجية أو الكيمائية. والترسب الأخير قد يكون كذلك على مرحلتين الأولى فى أحواض تقليدية بإمكانيات ميكانيكية لإزالة الحمأة والثانية فى أحواض تلميع ذات سعة كبيرة (Large Polishing - Lagoons). استخدام الترسب الأولى يمكن إلغاؤه فى حالة الأحمال الضعيفة من المواد الصلبة فى مياه الصرف الخام كما هو الحال فى معظم صناعة المخبوزات (Dairies) وبعض عمليات تشطيب المعادن وبعض الصناعات الأخرى.

إزالة الزيوت بالترسيب يتبع نفس القاعدة في ترسيب المواد الصلبة ويمكن تنفيذه باستخدام نفس المعدات، ولكن بمعدات خاصة وبالتحديد جهاز الفصل لمعهد البترول الأمريكي (American Petroleum Institute separator) والذي تم تصميمه لمياه الصرف الحاملة لكميات كبيرة من الزيوت الطافية مثل تلك الناتجة عن عمليات تكرير البترول.

الزيوت المذابة والزيوت المستحلبة (Emulsified) شأنها شأن المواد الصلبة المذابة لا تزال بالترسيب وتتطلب معالجة مسبقة (Pre-Treatment) والتي تتم عادة بإضافة كيماويات.

التدفقات الصغيرة لمياه الصرف الصناعي تعالج عادة بطريقة الترسيب المرحلي (Batch Settling) بمبدأ الملى والتفريغ. وهذه قد ترتبط بالمعالجة الكيماوية حيث المواد الصلبة العالقة وكذلك الناتجة عن عملية التفاعل الكيماوى تجمع معا فى حوض المعالجة المرحلي (Batch Treatment Tank). من الناحية العملية يستخدم حوضين حيث يتم تشغيلهم بالتتالى، فبينما أحدهم يمتلئ يكون الآخر فى المعالجة والترسيب. جرت العادة كذلك بالنسبة للكميات الصغيرة من المواد الصلبة العالقة فى مياه الصرف الصناعي أن يتم عمل عدة مراحل فى الحوض، مع سحب المياه الرائقة والفائض فى كل مرحلة مع السماح بتراكم المواد الصلبة لإزالتها فى فترات مرحلية أقل. يتوقف الترسيب على الجاذبية كقوة دافعة ولكن يمكن الاسراع فى عملية فصل المجالات بالطرد المركزى، ولكن تكلفتها المرتفعة الرأسمالية وتكاليف التشغيل تحد من إستخدامها فى كل المخلفات الخام أو المعالجة. فهى تستخدم فقط فى تركيز الحمأة وكذلك فى حالة قلة أحجام مياه الصرف. وحدات الطرد المركزى تشغل مساحة أقل من أحواض الترسيب.

كل تقنيات الترسيب تتوقف على فرق الجاذبية ما بين الأجسام العالقة المطلوب إزالتها والمجال الحامل (السائل). فإذا كان الفرق صغيراً فإن الكفاءة نقل عدا ففى حالات زيادة زمن المكث. فى كثير من الصناعات يمكن التغلب على هذه المشكلة باستخدام طريقة الطفو أو التعويم حيث يتم فيها تجميع فقاعات الهواء على الجسيمات العالقة وهذا يعمل على تقليل الكثافة النوعية لوحدة الجسم العالق وفقاعات الهواء بما يجعلها تطفو على السطح وتزال بالكشط (Skimming). وتنفذ عملية تكوين والتصاق فقاعات الهواء بضغط مياه الصرف بالهواء وذلك لإذابة أكبر كمية ممكنة من الهواء فى المحلول، ومع التخلص من الضغط (Release of Pressure) يصعد الهواء من المحلول مكوناً فقاعات محيطة بكل الأسطح الملامسة بما فيها الجسيمات المطلوب إزالتها. يمكن تنفيذ الطفو كذلك بعمل التفريغ (Vacuum) لمياه الصرف بعد تشبعها بالهواء عند الضغط الجوى . ولهذه الطريقة بعض المزايا ولكن التكاليف العالية للمعدات وضخامتها تعطى الأفضلية للطفو بالضغط (Pressure Flotation).

فى الطفو بالضغط فإنه ليس بالضرورة ضغط الهواء فى كل مياه الصرف فعادة يكفى مسار فرعى للمياه (Side Stream) حيث يخلط المسار الفرعى مع التدفق الرئيسى بعد ترك محبس التحرر من الضغط (Pressure Relief Valve) أو التجهيزة الميكانيكية. وبالتالى يتم الضغط بالهواء لجزء من المياه ثم خلطه مع مياه الصرف الخام. وكلا من هذه التقنيات له مزاياه حيث يستخدم كل على نطاق واسع. وأكثر التطبيقات العملية فى الطفو هو معالجة المخلفات الزيتية من تكرير البترول والصناعات الكيماوية، مجمعات الصلب ومنشآت تداول الزيوت، كما تطبق على الزيوت النباتية والحيوانية فى منشآت تكرير زيت الطعام وتعبئة اللحوم وتصنيع الصابون.

إن استخدام المصافي (Screening) في إزالة المواد الصلبة أبسط من الترسيب ولكن له حدود حيث تزيل فقط الأجسام ذات الحجم الكبير. المصافي ذات الفتحات الكبيرة (Coarse Screens) والتي هي عادة مصافي القضبان (Bar Racks) والتي تستخدم عادة للمياه الداخلة إلى عمليات المعالجة، والتي تقدر بحوالي ٢ بوصة وتعمل على إزالة المواد الصلبة كبيرة الحجم (Coarse Solids) والتي تسبب مشاكل للطمبات والمعدات الأخرى. وتستخدم المصافي صغيرة الفتحات (Fine Screens) في تصنيع وتعبئة اللحوم. في كثير من الصناعات الأخرى لإزالة الأجسام أكبر من ٤٠ بمقياس المنخل (Larger Than 40 Mesh). وهذه الإزالة تقلل الحمل على حوض الترسيب وكذلك على آلات إزالة الحماة. الأكثر أهمية فإن وجود الأجسام الصلبة الكبيرة تتداخل مع وتؤخر إزالة الأجسام الصغيرة في وحدات الترسيب. والمصافي الدقيقة (Fine Screens) قد تكون ببساطة من نوع التدفق الداخلي (Flow Through Type) ولكن هذه يصعب المحافظة على نظافتها. والأكثر شيوعاً هي الأنواع المتحركة هزازه أو دوارة والمصفاه الثابتة حيث يستمر دفع المياه على سطحها.

الأجسام الصلبة المتناهية في الصغر بما لا يمكن من إزالتها بالمصافي الدقيقة يمكن إزالتها بالترشيح. نادراً ما يستخدم الترشيح لمياه الصرف الصناعي الخام نظراً لضعف التدفق والقدرة على الإختراق وكذلك الحاجة للتنظيف من آخر إلى آخر. تستخدم المرشحات كمرحلة أخيرة للترويق (Final Clarification) لمياه الصرف المعالجة وخاصة في حالة عدم توفر مساحات من الأرض لاستخدام برك التلميع (Polishing Lagoons).

إنه من المفضل دائماً إزالة الجسيمات الصلبة مبكراً ما أمكن حتى وإن تم ذلك في سلسلة من العمليات تشمل كمثال مصافي القضبان والمصافي الدقيقة وأحواض حجز الرمال وأحواض الترسيب الأولى. وفي بعض الأحيان يكون من المفضل

خفض حجم المواد الصلبة لسهولة إزالتها، حيث تستخدم أجهزة التقطيع (Commutator) ولقاطعات تحت الماء والساحقات (Grinders)، ثم تمرر المواد الصلبة بعد ذلك ضمن تدفقات المياه لمرحلة الإزالة التالية. أجهزة التقطيع أكثر شيوعا فى نظم معالجة مياه الصرف الصحى ثم دخلت فى خدمة الصرف الصناعى.

٣- المعالجة البيولوجية:

عمليات المعالجة البيولوجية التى استخدمت فى الصرف الصحى مناسبة فى كثير من الحالات لمياه الصرف من الصناعات العضوية وذلك مع التعديلات الممكنة نظرا لإختلاف التركيز. المعالجة البيولوجية تستخدم على نطاق واسع فى الصناعات الغذائية (تشمل تعبئة الخضروات والمخبوزات، اللحوم، الدواجن) وصناعة الورق ولب الورق وفى دباغة الجلود وصناعة المنسوجات وفى الصناعات الكيماوية العضوية والصناعات العضوية الأخرى.

المعالجة البيولوجية لمياه الصرف يمكن أن تكون هوائية أو لا هوائية. كلا من هذه العمليات له الخواص والظروف المؤثرة بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة وينتج عنها نوعيات مختلفة من نواتج التحلل ذلك رغم أن الغرض الرئيسى من كليهما هو تحويل المكونات العضوية فى المياه إلى غازات ومواد صلبة يمكن فصلها وماء.

المعالجة الهوائية تتطلب إضافة الأكسجين عادة من الهواء ولكن فى بعض الأحيان فى شكل اكسجين غاز أو فى شكل أملاح النترات. تنشط البكتريا الهوائية التى تحول المادة العضوية إلى ثانى أكسيد الكربون وماء وكائنات حية دقيقة إضافية مع إنتاج قدر قليل من أيونات الكبريتات والنترات. بالإضافة إلى استمرار توفير الأكسجين بالقدر المناسب فإنه يجب المحافظة على عملية المعالجة الهوائية ضد التغير الشديد فى درجات الحرارة وكذلك وجود المواد السامة مثل أيونات

المعادن بالإضافة إلى التغير المفاجئ من أى نوع. وبالرغم من هذه الاحتياطات الضرورية فإن المعالجة الهوائية تعتبر تقنية جيدة واسعة الإنتشار.

وأكثر النظم شيوعا للمعالجة البيولوجية الهوائية هو طريقة الحمأة المنشطة، بما فيها التحديث لقواعد العملية لتتلاءم مع الأحمال العضوية الكبيرة لمياه الصرف الصناعي، حيث قد يمتد زمن التهوية من ٢ إلى ٨ ساعات إلى ٢٤ ساعة أو حتى لعدة أيام للمخلفات عالية التركيز مثل مياه الصرف من الصناعات الدوائية وتكرير البترول والزيوت. والتطور الآخر يصمم لتطوير عملية الإلتصاق ما بين الغاز - ومياه الصرف وزيادة إنتقال الأكسجين، حيث تم ذلك باستخدام الأكسجين بديلا عن الهواء وذلك لتثبيت الحمأة ولعملية الهضم أو التحلل الهوائى.

والبديل للحمأة المنشطة هو المرشحات الزلطية (Trickling Filters) فى نظم المعالجة البيولوجية الهوائية. المرشحات الزلطية قادرة على معالجة مياه الصرف ذات التغير فى التدفقات وكذا القدرة على تحمل صدمات التحميل (Ckock Loads) أكثر من الحمأة المنشطة. الملى التقليدى للمرشحات الزلطية بالركام (الزلط) إستبدل بأنواع مختلفة من البلاستيك كوسط ترشيحى والتي حققت التصاق أفضل ما بين الماء والهواء وكذلك درجات أفضل فى المعالجة. ونظرا لخفة وزن البلاستيك فإن هذه الوحدات أصبح من الممكن بناءها حتى إرتفاع ٤٠ متر ليسمح بزمن التصاق أكبر ما بين الماء والهواء وكذلك زيادة توفير الأكسجين نتيجة التهوية بالهواء المضغوط (Forced Air Ventilation).

وتعتبر الملامسات البيولوجية الدوارة (Rotating Biological Contactors) تغير حديث فى المرشحات الزلطية. حيث تستخدم أقراص أو أسطوانات ضخمة من البلاستيك مجهزة بأزرع والتي تدور فوق سطح الماء، وينغمس ٤٠% من سطحها فى الماء، حيث تحمل طبقة من مياه الصرف الى الهواء لعمل المعالجة الهوائية. تكاليف الطاقة للملامسات البيولوجية الدوارة قليلة والكفاءة عالية. والاستخدام العالى

هو بالمراحل المتتالية (Multiplestages). ولقد استخدمت الملامسات البيولوجية الدوارة أولاً فى معالجات مياه الصرف الصحى ثم أصبحت الآن تستخدم فى معالجات مياه الصرف لصناعات عضوية عديدة. وعند توفر مساحات من الأرضى فإن الأحواض الهوائية (Aerobic Lagoons) توفر وسيلة غير مكلفة لمعالجات المخلفات العضوية ضعيفة التركيز أو لتوفير معالجة التشطيب (Polishing Treatment) بعد المعالجة بالحماة المنشطة أو أى عمليات بيولوجية أخرى. والتكلفة الرئيسية فى هذه الحالة تتمثل فى توفير مساحات الأرضى وإن كان العائد يمكن تحقيقه بهذا العمل. وفى أبسط أشكالها فإن أحواض التهوية أو برك الأكسدة (Oxidation Ponds) تعتمد على سطحها الكبير والعمق القليل والتي يكون عادة أقل من ٥ قدم (١,٥ متر) لتوفير مدخول من الأكسجين سواء بواسطة الامتصاص المباشر أو بالتمثيل الضوئى. وفى حالة الأحمال العضوية الكبيرة فإن الأحواض تعمل بعمق أكبر والأكسجين الضرورى اللازم يتم توفيره بواسطة أجهزة التهوية (Aerators) الطافية أو المثبتة أو بحقن فقاعات الهواء بواسطة الحقن بالهواء. وفى حالة تكون رواسب فى القاع من المواد العضوية فإنها تكون فى حالة لاهوائية ولذا فإن الجزء الأكبر من المياه يمكن أن يكون فى الحالة الهوائية وذلك بتنظيم الأحمال العضوية بما يتناسب مع الأكسجين المذاب المتاح. وفى حالة الأحمال العضوية العالية يمكن المعالجة باستخدام أحواض التهوية المتتالية (In Series).

تستخدم المعالجة العضوية اللاهوائية للمخلفات العضوية عالية التركيز بما فيها الحماة، حيث يتم تحلل وتدمير المواد العضوية بواسطة كائنات حية دقيقة لاحتياج إلى أكسجين حر لاستمرار نشاطها ويمكنها إستخلاص الأكسجين من الكبريتات ومن المواد العضوية ومن الماء. ونواتج هذا النشاط الحيوى اللاهوائى بالإضافة إلى نمو أنسجة الخلايا الحية للكائنات الحية الدقيقة وتكاثرها فإنه ينتج غاز الميثان وكبريتيد الهيدروجين والنشادر وكميات قليلة من ثانى أكسيد الكربون. والنواتج

الغازية من هذا التحلل قابلة للإشتعال ولها رائحة كريهة بما يتطلب السيطرة عليها في حالة المناطق الأهلة بالسكان. كما يمكن تحقيق التحكم فيها بتغطية الأحواض. في صناعة اللحوم يمكن أن يكون الغطاء ذاتى بواسطة المواد الطافية وعادة يتم تقوية هذا الغطاء بإضافة القش على السطح. وفي حالة عدم حدوث موجات زائدة في السطح فإنه يمكن عمل غطاء محكم ومثبت والذي لايسمح بتسرب الرائحة. السائل الناتج من التحلل اللاهوائى بغيض وخاصة عند تغليبه فهو غير ملائم للصرف ويجب نقله بعناية إلى حوض التهوية. ولمعالجة الأحمال العضوية العالية لكثير من المخلفات الصناعية فإنه من الضروري تدوير المياه الخارجية من العملية البيولوجية داخل العملية نفسها أو توفير معالجة متعددة المراحل. العملية متعددة المراحل قد تتكون من نظام واحد على التوالى أو مجموعة من عدة عمليات.

بعض مياه الصرف عالية التركيز وإن كانت طبيعتها عضوية قد تفتقر إلى واحد أو أكثر من الأغذية الضرورية للكائنات الحية (Biomass). الدراسة التجريبية النصف صناعية (Pilot Plant Studies) لهذه المخلفات قد تكون ضرورية لتحديد مدى الحاجة لإضافة الأغذية (Nutrient Addition) وعادة فإن إضافة الفوسفور والنيتروجين ضرورى لتوفير كفاءة الخفض فى الحمل البيولوجى لبعض مياه الصرف لصناعات الخضروات ومعظم الصناعات الخاصة بالفاكهة.

٤- المعالجة الكيميائية:

دور المعالجة الكيميائية قليل في مجال معالجة مياه الصرف الصحى ومرتبطة فقط باستخدام مواد الترويب في حالة استخدامها. و منذ عام ١٩٧٠ ظهرت المعالجة الطبيعية الكيميائية كمنافس للمعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى. وبالمقارنة فكثير من الصناعات تستخدم تقنيات المعالجة الكيميائية لتحقيق أقصى تحكم فى مياه الصرف الصناعى، وينطبق ذلك على الصناعات غير العضوية وإن كانت كل الصناعات تستخدم المعالجة الكيميائية إلى درجة ما. بالإضافة إلى

الترويب الكيميائى فإن عمليات المعالجة الطبيعية الكيميائية المستقلة لها تطبيقات كثيرة فى معالجة مياه الصرف الصناعى مثل بعض التفاعلات الكيميائية التى ليس لها دور فى معالجة الصرف الصحى.

المعالجة الكيميائية الشائعة الاستخدام هى ضبط الرقم الهيدروجينى (pH). ذلك لأنه لايجوز صرف المخلفات الحامضية أو القلوية فى المجارى المائية أو فى شبكات الصرف الصحى ومحطات معالجة الصرف الصحى أو المعالجة للصرف الصناعى أو لوحدة المعالجة البيولوجية داخل المصنع. ولذا فإنه يجب العمل على وصول الرقم الهيدروجينى قريبا من التعادل وقد يقبل الرقم الهيدروجينى من ٥ إلى ١٠ لأغراض خاصة ولكن الحدود الضيقة ما بين ٦ إلى ٨,٥ هى التى يسمح بصرفها على المجارى المائية.

يمكن لمياه الصرف الصناعى الحامضية والقلوية معادلة (Neutralize) بعضها البعض لدرجة ما. وهذه هى الفائدة الكبيرة التى تتحقق نتيجة عملية الخلط والتسوية (Equalization) للصرف وهى تستخدم عادة فى الصناعات الكيماوية المتعددة والصناعات الأخرى المنتجة لمخلفات حامضية وقلوية. والتسوية كذلك يمكن أن تقلل من الاختلافات الكبيرة للرقم الهيدروجينى فى المسار الواحد لمياه الصرف الصناعى. التعادل يتطلب دائما إضافات من الحامض أو القلوى للوصول إلى مجال الرقم الهيدروجينى المطلوب. يستخدم عادة حامض الكبريتيك لمعادلة القلوية الزائدة فى حوض التسوية للمخلفات. وقد تستخدم بعض الأحماض الأخرى. وفى بعض الأماكن يمكن استخدام ثانى أكسيد الكربون فى الحالة الغازية وذلك فى حالة توفر المعدات اللازمة لتحقيق التلامس. أما بالنسبة لمياه الصرف الحامضية فيمكن استخدام إما إندروكسيد الصوديوم أو كربونات الصوديوم وقد يستخدم الجير المطفئ (Lime) لقلة تكلفته، كما أن الحجر الجيرى (CaCO_3) هو الأقل فى التكلفة ولكنه

غير مناسب في حالة المياه المحتوية على أملاح الكبريتات حيث يتحول الحجر الجيري إلى طبقة راسب.

يفضل استخدام الضبط الآلي للرقم الهيدروجيني في عمليات التعادل أو في أي عملية لضبط الرقم الهيدروجيني (عدا حالات العمليات الصغيرة Batch). يلزم توفير إمكانيات الخط المناسبة مع السماح بالوقت اللازم لإتمام التفاعلات البطيئة مثل حالات التعادل مع لبن الجير أو الحجر الجيري. آلية ضبط الرقم الهيدروجيني تؤكد المعالجة للمياه في المجال المسموح به وتحد من الاسراف في استخدام المواد.

يعتبر ضبط الرقم الهيدروجيني في حالات مثل حالات التعادل (Neutral) خطوة متوسطة في بعض عمليات المعالجة. فإزالة النشادر من مياه الصرف بالهواء أو باستخدام البخار (Steam Stripping) يتطلب رقم هيدروجيني مرتفع والذي يمكن تحقيقه بإضافة لبس الجير أو الصودا الكاوية. كما أن الرقم الهيدروجيني المرتفع يلزم معادلته قبل الصرف. لخفض الرقم الهيدروجيني للتخلص من الفينول (Phenol Stripping) يستخدم حامض الكبريتيك وكذلك يستخدم نفس الحامض لعملية التخلص من السيانييد الملقاه حالياً (Cyanide Volatalization). الرقم الهيدروجيني المنخفض مطلوب كذلك لاختزال الكرومات في صناعة الطلاء الكهربى (Electroplating). الرقم الهيدروجيني المرتفع مطلوب لتدمير السيانييد بعملية الكلورة، الرقم الهيدروجيني المرتفع نسبياً يساعد في ترسيب معظم المعادن الثقيلة في شكل الايدروكسيد. يستخدم الترسيب لإزالة كثير من الملوثات الصناعية. وكما ذكر سابقاً فإن أيونات المعادن الثقيلة يمكن أن تزال برفع الرقم الهيدروجيني إلى ٨ أو ٩ والاستثناء هو الكروم السداسي والذي يلزم إختزاله أولاً إلى التكافؤ الثلاثى. بعض المعادن التى تشكل مركبات معقدة مع السيانييد (Complexes) يمكن ترسيبها فقط بعد تدمير السيانييد. ويستخدم تفاعل الترسيب في إزالة الفوسفات فى صناعات الاسمدة، الصناعات الكيماوية واستخلاص العناصر من خاماتها

(Mining). وذلك يتطلب المعالجة بلبن الجير أو الشبة (Alum) أو بكليهما. وإزالة الفلوريدات فى صناعة الألومنيوم والصناعات الكيماوية الأخرى تتم بالترسيب بالجير.

عملية الترويب الكيماوى هى الصورة العكسية للترسيب حيث لا يتم تفاعل المروب مع المادة الكيميائية ولكن تزال مع الراسب. يمكن استخدام عمليات الترويب والترغيب فى معالجة مياه الصرف الصناعى فى مستحلبات الزيت والأجسام الصغيرة جدا وغير قابلة للترسيب مثل الصبغات، زغبات الورق (Paper Fibers) ومياه صرف صناعة اللحوم ودباغة الجلود وبعض المواد الطينية ذات الفائدة فى الصناعات التعدينية.

وتعتبر الأكسدة الكيميائية منافس للأكسدة البيولوجية كتقنية للمعالجة. وهى عادة أكثر تكلفة ولكنها تحقق مفعول أكثر ومناسب لمياه الصرف الصناعى ذات الملوثات المقاومة. الهواء والاكسجين مؤكسدات ضعيفة نسبيا والتي تعتبر مفيدة فى حالة استخدامها مع الكائنات الحية الدقيقة ولكن بخلاف ذلك فتأثيرها محدود. لكل من الكلور والأوزون مجال أكبر للاستخدام فى إزالة الملوثات التى يصعب أكسدتها مثل النشادر ومركبات السيانيد والفينول والصبغات والملوثات الكيماوية الأخرى. يمكن استخدام الكلور فى الشكل الغازى أو كمحلول هيبوكلوريت. ويستخدم ثنائى أكسيد الهيدروجينى (H_2O_2) لمنع حدوث التعفن ولكنه أكثر تكلفة من المؤكسدات الأخرى. ولقد استخدمت الأكسدة الكهربية (Electrolytic Oxidation) لمعالجة السيانيد وبعض الملوثات فى مياه الصرف لطلاء المعادن وكذلك فى عمليات التطهير والأكسدة فى وجود الكلوريدات والتى يمكن أن تتحول إلى الهيبوكلوريت.

الاختزال الكيماوى له إستخدام رئيسى فقط وهو إختزال الكروم السداسى التكافؤ الناتج من عملية الطلاء الكهربى وعمليات الأنودة (Anodizing)، المناعة، (Passivating) وعمليات تشطيبات المعادن الأخرى إلى الشكل الثلاثى التكافؤ والذى

يمكن معالجته. ويستخدم لهذا الغرض أى عامل إختزال قوى مثل ثنائى أكسيد الكبريت (SO_2)، وبعض مشتقات السلفيت (Sulphite) وملح صوديوم ميتا سلفيت.

يبنى إختيار أى نظام للمعالجة الكيميائية على كمية ونوع مياه الصرف وكذلك على مدى توفر وأسعار الكيماويات الضرورية والكيماويات الأكثر أمانا فى الاستخدام وكذلك نوعية وكمية الحماة (الروبة) الناتجة. يجب أن يؤخذ فى الاعتبار التخزين السليم والتداول للكيماويات.

وتبرز الحاجة فى المعالجة الكيماوية إلى التحكم فى العمليات (Process Control) أكثر من نظم المعالجة البيولوجية. فإذا كانت كمية الكيماويات المستخدمة زائدة أو أن زمن التفاعل المناسب لا يتحقق، عندئذ فإن التفاعل الكيماوى قد يحدث فى مستوى أدنى من المطلوب والنتيجة هو تكون ملوثات أخرى يصعب التخلص منها. لذلك فإنه يجب أن تجرى تجارب نصف صناعية (Pilot Plant Studies) على كمية مناسبة من مياه الصرف أو بتصنيع مياه صرف مشابهة وذلك لعمل معدلات التصميم النهائية. وليس من المفضل عمل الدراسات والتجارب النصف صناعية بواسطة موردى المعدات والأجهزة، حيث يلزم الإشراف على ذلك بواسطة صاحب المنشأة الصناعية أو مستشاره الهندسى.

5- معالجات متنوعة:

إن المعالجات التى تم ذكرها لا تتم كل بمفردها وإنما يتم معظمها سويا، فمثلا المعالجة البيولوجية الهوائية تليها معالجة طبيعية (عادة الترسيب) لإزالة الكائنات الحية الدقيقة التى تكونت. الترسيب عادة يليه الترشيح لتوفيره مياه معالجة جيدة (Highly Polished). ويمكن تحقيق نفس المهمة بالترشيح ولكن ذلك يتطلب غسيل عكسى متكرر وكذلك زيادة فى زمن الترشيح. وقد تعالج مياه الصرف ذات الأحمال العضوية العالية بالمعالجة البيولوجية اللاهوائية مع الإزالة التالية للملوثات

فى واحد أو أكثر من الأحواض المتهوآ (Aerated Lagoons). فى هذه الحالة تستخدم التهوية الميكانيكية فى الحوض الأول من مجموعة الأحواض المتهوآ على التوالي حيث مطالب الأكسجين عالية وتعتمد باقى الأحواض على التهوية الطبيعية والتمثيل الضوئى لتوفير الأكسجين اللازم.

عمليات المعالجة التى تمت مناقشتها وهى فصل المجالات (المائى عن الصلب) والمعالجة البيولوجية والمعالجة الكيميائية كلها تقنيات إستخدمت فى معالجة مياه الصرف الصناعى. بعض العمليات المنفردة أو مع بعضها قد ينتج عنه كفاءة إزالة أكثر من ٨٠ إلى ٩٠%. ولكن بعض المعايير تتطلب نسبة إزالة قد تصل إلى ٩٨%. وللحصول على هذه الدرجة العالية من الإزالة فإنه من الضرورى أن يؤخذ فى الاعتبار إستخدام عمليات مصممة لتنقية المنتجات، وإن كانت هذه التقنيات تحتاج إلى الدراسة الاقتصادية حتى يمكن تطبيقها فى معالجات مياه الصرف الصناعى حيث يندر استخدامها. ويمكن القول أن تكاليف الحصول على أقصى تنقية أو الإزالة لآخر ٥-١٠% من الملوثات غالبا ما يساوى أو يزيد عن تكاليف الإزالة لنسبة ٩٠-٩٥% الأولى. وذلك فى حالة استخدام العمليات المتطورة لمعالجة مياه الصرف الصناعى.

العمليات المتطورة لمعالجة مياه الصرف الصناعى تشمل:

أسلوب الترشيح المتطور مثل المرشحات الرملية السريعة، الترشيح باستخدام الوسط الترشيحي المتعدد والمصافى بالغة الصغر (Microstrainers). ويستخدم الامصاص بالفحم النشط لإزالة المواد العضوية المذابة فى كل مياه الصرف الصناعى ومعالجات المياه الأخرى. وفى عمليات أخرى يستخدم التبادل الأيونى والتناضح العكسى أو الديليزره الكهربائية (Electroialysis) وطريقة (Coalescence).

ويجب أن يؤخذ في الاعتبار عند دراسة نظم المعالجة الكاملة واختيار عمليات المعالجة التطبيقات العملية للمعالجة ومياه الصرف والمجرى المائي الذي سيتم صرف المخلفات عليه.

إن تطبيق أى من هذه التقنيات المتطورة يمكن إقرار صلاحيته بعد دراسة مكثفة بالتجارب النصف صناعية (Pilot Plants). فى حالة استخدام هذه العمليات المتطورة فإن المياه المنتجة يمكن أن تكون من النوعية الجيدة بما يحقق ليس فقط التدوير وإعادة الاستخدام ولكن يعتبر كذلك إقتصادى وإجراء حضارى.

التطهير هو آخر المعالجات لمياه الصرف الصناعي المحتوية على مياه الصرف الصحى. وقد لا يكون التطير لازما فى معظم مياه الصرف الصناعى وإن كانت الكلورة تستخدم فى تطهير مياه الصرف من تصنيع اللحوم ودباغة الجلود والصناعات المتعلقة بها. التطهير غير مؤثر فى حالة تحوصل الكائنات الدقيقة المطلوب تطهيرها (Encapsulated) فى مواد معينة. وقد تستخدم الكلورة المسبقة فى بعض الحالات للقضاء على المكونات التى تتأكسد بالكلور مادة التطهير العادية هى الكلور ومركبات الكلور وإن كان الأوزون ومواد أخرى مستخدمة فى عمليات التطهير والذي يعنى به أساسا قتل الكائنات الحية الدقيقة والتى من بينها ما يسبب الأمراض. التبريد يعتبر من المعالجات الضرورية لمياه الصرف التى لا يكون من الملائم صرفها على المجرى المائية أو شبكات الصرف الصحى لإرتفاع درجة حرارتها. نادرا ما يستخدم التبادل الحرارى إلا فى حالات الإرتفاع الزائد فى درجة حرارة مياه الصرف الصناعى ولو أنه لا يحقق المعالجة المطلوبة. ويعتبر التبريد باستخدام طريقة التخفيف بالمياه النظيفة محظور. ويستخدم التبريد بالتبخير (Evaporative Cooling) فى أحواض الرش (Spray Ponds) أو أبراج التبريد (Cooling Towers) عادة فى الصناعة. وفى ظروف خاصة يمكن استخدام

برج التبريد كمرشح زلطى (Trickling Filter) لإزالة الملوثات العضوية وإن كان هذا الأسلوب مازال فى الراحل الأولى للاستخدام وليس واسع الإنتشار.

يستخدم الحريق على نطاق واسع فى حرق المخلفات الصلبة مثل القمامة ومخلفات الصناعات العضوية مثل صناعة المعلبات. ويستخدم كذلك لحرق الحمأة من بعض الصناعات مع الخلط ببعض المخلفات القابلة للاحتراق مثل الورق أو القش أو المنسوجات البالية وذلك لتوفير الحرارة اللازمة للتجفيف ولبدء الاشتعال. والحريق يفيد كذلك فى حرق المخلفات السائلة مثل الزيوت والمذيبات ولكن لا يستخدم عادة لحرق المخلفات من مياه الصرف.

الفصل الثالث

طرق معالجة مياه الصرف الصناعي (لبعض الصناعات)

إنه من البديهي أن كل منشأة صناعية تختلف عن الأخرى بالنسبة لطبيعة وحجم والتغير في المخلفات. وكذلك بالنسبة للعوامل الفنية والاقتصادية التي تراعى عند الاختيار لتقنيات المعالجة. ورغم هذا فإن المعالم المشتركة لكل الصناعات أو لكل وحدة داخل المنشأة الصناعية قد تكون واحدة بالنسبة للصرف الصناعي.

وعند مناقشة خصائص معظم الصناعات والتي تشمل عمليات الإنتاج المنتجة لمياه الصرف وحجمها وخصائصها وطرق التحكم والمعالجة والحدود النوعية والكمية. وفي ظروف الإنتاج العادية فإن هذه قد توفر نقاط إرشادية لحل مشاكل الصرف في صناعة معينة. وفي معظم الحالات تعتبر خطوط إرشادية عامة تعاون في بناء الدراسة الحقلية للمنشأة (Plant Survey) وكذلك مقترحات عمليات المعالجة التي تحتاج إلى دراسة مكثفة.

وسيتم في البنود التالية تناول طرق معالجة الصناعات التالية:

١- الصناعات المعدنية الحديدية والغير حديدية.

٢- تكرير البترول.

٣- صناعة الورق ولب الورق.

٤- صناعة المنسوجات.

٥- دباغة الجلود.

٦- الصناعات الدوائية.

٧- الصناعات الغذائية.

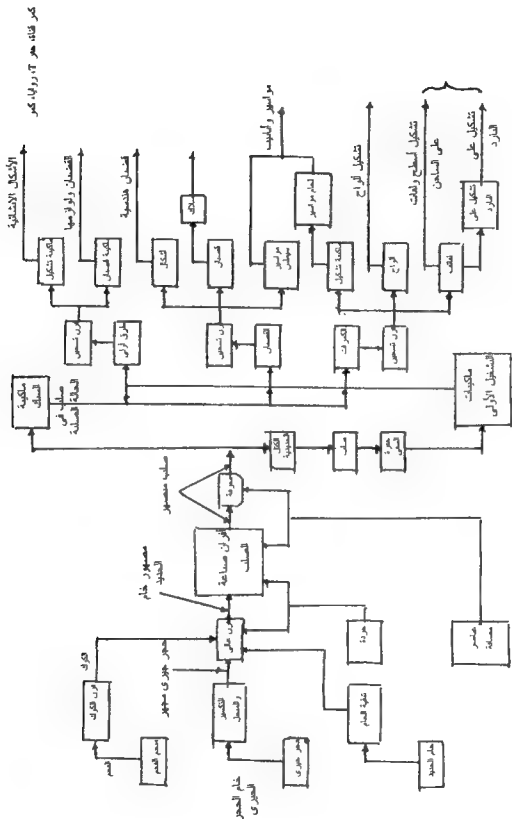
معالجة مياه الصرف للصناعات المعدنية

أولاً صناعة الحديد والصلب:

١- مصادر مياه الصرف في صناعة الصلب هي التداول والتخزين وإنتاج الكوك وصناعة الحديد والصلب الخام، إنتاج منتجات الصلب وسيتم مناقشة هذه المصادر.

المواد الخام من الفحم، خام الحديد، الحجر الجيري ومواد خفض درجة حرارة الانصهار (Fluxes) يتم طحنها وتخزينها في كومات كبيرة. سقوط مياه الأمطار خلال هذه الكومات تحتوي على مواد صلبة عالية ومواد مذابة. المياه التي يتم سحبها من خزانات الوقود السائل تحتوي كذلك على ملوثات.

عمليات التركيز للكوك حول أفران الكوك حيث يتحول الفحم (Coal) بفعل درجة الحرارة العالية إلى الشكل المسامي للكربون والذي يسمى الكوك (Coke). يتم مرور هذه المياه المستخدمة في تبريد الكوك إلى المصافي ثم الترسيب لإزالة حبيبات الكوك الدقيقة ثم إعادة استخدام المياه ثانياً في تبريد الكوك أو التخلص منها. المواد المتطايرة المنتجة في مرحلة تحول الفحم إلى الكوك تتكون من القار والنشادر وزيت خفيفة وغاز وقود. يتم تبريدها لتكثيف القار وبعض الماء ثم يتم غسلها إما بحامض الكبريتيك أو بالماء البارد لإزالة الأمونيا. يتم إستعادة الأمونيا في شكل بلورات كبريتات الأمونيا أو محلول الأمونيا المائي. محلول الأمونيا المخفف المتبقى من هذه العملية عبارة عن سائل أمونيا مخفف يستخدم في تبريد الكوك أو صرفه. الغازات الناتجة من مرحلة إستعادة الأمونيا يتم غسلها بمذيب بترولي لإزالة الزيوت الخفيفة، ثم تستخدم بعد ذلك مباشرة كوقود غاز أو تحريرها خلال وحدات إزالة الكبريت قبل صرفها.



شكل (٣/١) مخطط تفصيلي لإنتاج الحديد والصلب

٢- مصادر وخواص مياه الصرف من صناعة الحديد والصلب:

مياه الصرف من هذه العمليات تكون نتيجة غسيل الغازات، ومن تكثيف المياه، تبريد الخبث من الفرن، وفي عمليات تشكيل الصلب. دقائق الحديد والأترربة من المطحنة يتم خلطها مع الكوك البارد ومادة خفض درجة حرارة الانصهار وتسخينها لتكوين منتج متجانس يسمى اللباد (Sinter). غازات الحريق تحتوى على أتربة والتي تزال إما بالتمرير الحلزوني (Cyclones) أو بالغسيل بالماء.

فى فرن صهر الحديد يتم تغذية الكوك وخام الحديد والحجر الجبرى من أعلى الفرن بينما يتم دفع الهواء الساخن من قاع الفرن. الهواء يؤكسد الكربون فى الكوك مكونا أول أكسيد الكربون. والهيدروجين فى الكوك يتحول إلى بخار الماء. هذه الغازات تعمل على إختزال خام الحديد إلى معدن الحديد وثانى أكسيد الكربون. غازات التفاعل التى تحتوى على أول وثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين وبخار الماء والهيدروكربونات والأتربة تترك الفرن من أعلا، بينما الحديد والخبث المنصهر يتم سحبهم من القاع. الغازات المنتجة يتم معالجتها فى معدات للتنظيف بما فيها الغسيل بالماء. مياه الغسيل هذه تحتوى على مواد صلبة عالقة ومواد مذابة من هذه الغازات.

يتم تصنيع الصلب بصهر الحديد المنتج من فرن إنتاج الحديد مع الصلب الخردة ومادة خفض درجة حرارة الانصهار، مع معالجة الخليط بالأكسجين أو خام الحديد لخفض المحتوى من الكربون. عادة يتم غسيل الغازات الناتجة من فرن صهر الصلب بالماء لخفض صرف الأتربة. الخبث الناتج من فرن إنتاج الحديد أو من فرن إنتاج الصلب يتم تبريده عادة بالرش بالماء. هذا الماء الذى استخدم فى الغسيل يكون محتوى على مواد صلبة عالقة ومواد مذابة.

٣- عمليات تشغيل الصلب تنتج مياه صرف مختلفة مثل:

- مياه الغسيل من درفلة التشكيل نتيجة التبريد المباشرة والتزييت مع الزيوت المستحلبة.

- مياه قلوية الناتجة من الغسيل القلوى لأشكال الصلب لإزالة الشحوم وإعدادها للعمليات التالية.

- مياه حامضية نتيجة غسيل أسطح الصلب بحامض الكبريتيك أو بحامض الهيدروكلوريك لإزالة الصدأ ثم الغسيل بالماء.

- مياه أحواض الترسيب الكهربى للمعادن وذلك فى حالة تغطية أسطح الصلب بالزنك أو القصدير أو أى معادن أخرى.

كما توجد مصادر أخرى لمياه الصرف مثل مياه الصرف الصحى ومياه الصرف من محطة توليد الطاقة.

٤- متوسط تركيز الملوثات فى مراحل تصنيع الحديد والصلب كالاتى:

- مصنع الكوك:

٥ - ٣٥ ملجرام / لتر فينول

أو - ٥٥ ملجرام / لترسيانيد

١ - ٧٨ ملجرام / لتر امونيا

٧ - ٦٠٠ ملجرام / لتر اكسجين حيوى مستهلك (BOD₅).

- منطقة فرن صهر الحديد :

أو - ٨ ملجرام / لتر فينول

٢ و - ٢٢ ملجرام / لتر سيانيد

أو - ٥٤ ملجرام / لتر أمونيا

١٦٠ - ١٢٠٠٠ ملجرام / لتر مواد صلبة عالقة

- أفران الصلب:

٢٣٠ - ١٧٠٠ ملجرام / لتر مواد صلبة عالقة

- التشكيل على الساخن:

١٦ - ١٢٠٠ ملجرام / لتر مواد صلبة عالقة

٠,٣ - ١٢٠ ملجرام / لتر زيوت

- التشكيل على البارد:

التشكيل على البارد يشمل الدرفلة، التخليل (pickling) باستخدام حامض أو قلوئى لتحضير سطح الصلب، الجلفنة بالزنك، والتغطية بالقصدير.

٠,٥ - ٦٠ ملجرام / لتر سيانيد

٣ - ٢٧٥ ملجرام / لتر أكسجين حيوى مستهلك (BOD₅)

٥ - ١٢٥٠ ملجرام / لتر مواد صلبة عالقة

٨ - ٩٠٠ ملجرام / لتر زيوت

٥٠ - ٣٠٠٠ ملجرام / لتر حموضة

١٠ - ١٧٥٠ ملجرام / لتر حديد

١ - ٢٠٠ ملجرام / لتر كروم كلى

٥,٥ - ١٠٠ ملجرام / لتر كروم سداسى التكافؤ

٣,٥ - ١٥٠ ملجرام / لتر زنك

٢,٥ - ٢٥٠ ملجرام / لتر قصدير

٢٠٠ - ١٠٠٠ ملجرام / لتر كلوريدات

٧٥ - ١٢٠٠ ملجرام / لتر كبريتات

٥- معالجة مياه الصرف:

تشمل المعالجة إزالة الملوثات بالطرق الطبيعية أو الكيميائية إلى ذلك المعالجة البيولوجية والتي تتم فى محطات المعالجة الخاصة بالصرف الصحى. قديما كانت المياه الملوثة يتم تخفيفها بمياه التبريد حيث يتم الصرف بعد ذلك فى أقرب مسطح مائى ونظراً لأن هذا مخالف لقوانين البيئة فقد تم إيقافه فى كل دول العالم.

- طرق المعالجة المستخدمة هي كالتالي:

- يزال الفينول الصاعد من مصنع الكوك باستخلاصه ببخار الماء أو باستخدام مذيب. المعالجة البيولوجية ضرورية لخفض تركيز الفينولات.
- تزال المواد الصلبة العالقة والزيوت في أحواض الترسيب المزودة بكاشطات علوية وسفلية، وقد يستخدم أحيانا مساعدات الترويب من مواد البولى إليكتروليت لتحسين عملية الفصل للمواد الصلبة. كما يستخدم الطفو بالهواء الذى يلى عملية إلغاء الاسـتحلاب لاستعادة زيوت التشحيم واستخدامها.
- المعالجة بلبن الجير (Lime) والتي يليها الترويب والترسيب والترشيح فى وسط ترشيحي مزدوج تعمل على خفض المواد العالقة فى مياه الصرف كما تعمل على ترسيب وإزالة المعادن الثقيلة المذابة.
- يزال الكروم من مياه صرف مطحنة القصدير وجلفنة ألواح الصلب بالاختزال بكبريتات الحديدوز (Copperas) أو باستخدام ثانى أكسيد الكبريت. الكروم المختزل يتم بعد ذلك ترسيبه بالجير.
- السيانيد فى مياه الصرف من مطحنة القصدير وجلفنة ألواح الصلب بالزنك يمكن معالجته بالكلوره القلوية، ولكن السيانيد فى مياه صرف الكوك وفرن صهر الحديد يجب معالجتها بيولوجيا نظراً لأن كلورة هذه المياه تعمل على تكون الكلوروفينولات التى تسبب مذاق سيئ للمياه كما أنها تقاوم أى عملية تحليل تالية.
- مياه معالجة السطح الخارجى بالتخليل (Pickling)، يتم معالجتها بتعادلهـا باستخدام الجير يلى ذلك الصرف على المسطح المائى أو شبكة الصرف.
- مياه التبريد وبعض مياه الصرف من العمليات الأخرى يتم ترشيحها فى مرشح متعدد الوسط الترشيحي لخفض المحتوى من المواد الصلبة العالقة.

- المعالجة البيولوجية أساسية لكثير من مكونات مياه الصرف من مصنع الكوك، فرن الحديد، ورش الدرفلة - تتم المعالجة البيولوجية في أحواض التهوية (Alerated Lagoons)، أو المرشحات البيولوجية، أو بطريقة الحمأة المنشطة.

ثانياً: صناعة المعادن غير الحديدية:

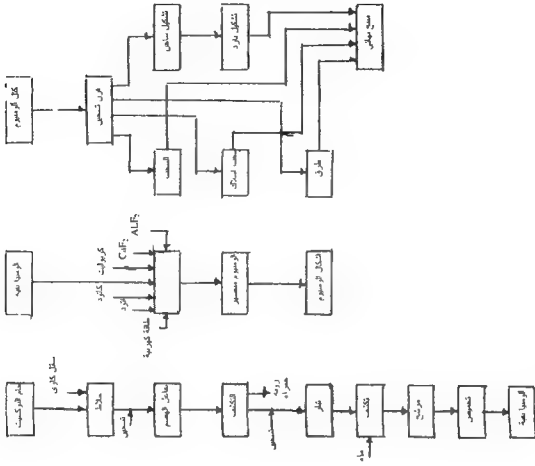
المعادن غير الحديدية تشمل كل المعادن عدا الحديد والصلب ذلك رغم أن النيكل والكروم يدخلوا تحت مجال المعادن الحديدية. في هذا المجال سنتّم الدراسة للإنتاج الأولى من الخام والثاني من الخردة لمعادن الألومنيوم، النحاس، الرصاص، الزنك، وهذه المعادن معا.

١- الألومنيوم: شكل (٣/٢)، شكل (٣/٣).

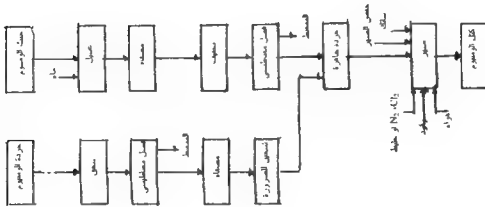
أ- الألومنيوم الأولى:

يصنع الألومنيوم الأولى من خام البوكسيت (Bauxite) والذي يتم معالجته بمحلول الصودا الكاوية أو بالتخفيف والخلط مع الجير والصودا آش والحرق ثم الإذابة في الماء. محلول البوكسيت القلوي يتم عندئذ تسخينه تحت ضغط لإذابة الألومينا. يتم معالجة الناتج (Digested slurry) وهو في شكل الروبة في وحدة التركيز (Thickeners) لإزالة المواد غير المذابة ثم سحب المحلول المتدفق أعلى وحدة التركيز إلى جهاز التبلر (Crystalizer) وذلك لاستعادة بلورات الألومينا. يتم معالجة السائل الضعيف من وحدة التبلر بالصودا الكاوية الطازجة ثانياً ثم يعاد تدويره إلى العملية لاستعادة ألومينا إضافية. الروبة من قاع وحدة التركيز يتم غسلها بالماء بطريقة الغسل العكسي لإزالة صودا كاوية إضافية، ثم الصرف إلى حوض تجميع مياه الصرف (يسمى الصرف في هذه الحالة الروبة الحمراء).

الطريقة التبادلية للمعالجة هي بخلط مياه الصرف، الصودا آش، الحجر الجيري مع روبة الغسيل ثم يتم حرق (Calcine) المخلوط. الخليط المحمص أو المحروق يتم إذابته في الماء و ترشيحة. النواتج الصلبة للترشيح والتي تسمى الطينة البنى (Brown Mud) يتم صرفها باستخدام الماء (Slurring) إلى حوض تجميع مياه الصرف.



شكل (٣/٢) مخطط إنتاج الألمونيوم من الخام (الأولى)



شكل (٣/٣) مخطط إنتاج الألمونيوم من الخردة (الثاني)

روبة الطينة الحمراء هي التدفقات الرئيسية للمخلفات من عملية تنقية البوكسيت، ذلك رغم وجود مخلفات أخرى مثل مياه التكثيف، مياه التبريد، مياه صرف المكثف البارومتري، مياه الصرف الصحي.

المكثفات البارومترية هي جزء من أجهزة التبخير (Evaporators) تستخدم لإزالة الأملاح الزائدة من سوائل الصودا الكاوية المعاد استخدامها. طبيعى أن المياه المكثفة تكون متعادلة ولكن عمليات الحمل (Carry Over) قد تضيف قيمة قلوية إلى المياه المكثفة والتي عندئذ يلزم معالجتها.

البوكسيت المنقى (Refined) يتم خلطه مع الكريوليت (Cryolite) - وهو فلوريد الصوديوم والألومنيوم، فلوريد الكالسيوم، وفلوريد الألومنيوم فى خلية كهربية. يتم صهر الشحنة ثم تمرير تيار كهربى خلال الخلية. الكربون فى الأقطاب (Electrodes) يعمل على إختزال الألومنيا إلى معدن الألومنيوم ويتأكسد إلى أول وثانى أكسيد الكربون. الغازات الصاعدة من الخلية يتم غسلها (Scrubbed) بالماء لإزالة الفلوريدات. مياه الغسيل هي المصدر الرئيسى للتلوث. المصدر الثانى لمياه الصرف هو عملية الدرفلة أو التشكيل (Rolling) حيث يتم تسخين كتل الألومنيوم فى فرن، ثم تشكيلها إلى الشكل المرحلى (Intermediate) فى ماكينة تشكيل ساخنة (Hot Mill) ثم التشطيب فى ماكينة تشطيب باردة (Cold Mill). ماكينات التشكيل أو الدرفلة تشبه تلك المستخدمة فى صناعة الصلب. أشكال مسطحات الألومنيوم يتم تبريدها بالالتصاق المباشر مع الماء، أو أن يتم التبريد والتزليج (Lubricated) برش قطع أشكال الألومنيوم بمستحلب الماء - الزيت. مياه الصرف من هذه الخطوة طبيعى أنها تحتوى على زيوت، مواد صلبة عالقة، مواد صلبة مذابة.

ب- الألومنيوم الثانى:

إنتاج الألومنيوم الثانى هو من خردة الألومنيوم. يتم فصل الخردة إلى الخردة العادية والخردة المحتوية على الحديد. يتم تسخين الخردة المحتوية على نسبة عالية من الحديد فى فرن مائل قاعدة تحميله إلى درجة حرارة حتى ٧٦٠م، عندئذ يخرج مصهور الألومنيوم من الفرن ثم يتم صبه فى شكل كتل الألومنيوم (Ingots). بالنسبة لخردة الألومنيوم المعادية فإنه يتم طحنها ثم تجفيفها وتمريها خلال منخل (Screen). يتم تمرير المادة المحتوية على الألومنيوم خلال الفصل المغناطيسى، ثم يخلط مع مواد خفض درجة حرارة الإنصهار (Fluxes) وكذلك مع عناصر معدنية مضافة (Alloying Elements)، ثم شحن الخليط إلى الفرن، حيث تتصهر الشحنة مع تمرير غاز النيتروجين خلال المصهور لخلط الشحنة. ثم يتم تمرير غاز الكلور خلال المصهور لإزالة معدن المغنسيوم. يتم كشط الخبث من الشحنة المنصهرة، وأخيراً يتم صب الألومنيوم فى شكل كتل. تزال أبخرة مادة خفض درجة حرارة الانصهار وكلوريد الألومنيوم الناتجة من فرن الصهر بواسطة غسيل الغازات. مياه الغسيل الناتجة هى مصدر الملوثات. هذا بالإضافة إلى التصاق الألومنيوم المباشر بما يضيف إلى مياه الصرف.

نموذج لعملية الألومنيوم الثانى.

ج- خواص مياه الصرف:

الملوثات الرئيسية فى مياه الصرف لصناعة الألومنيوم هى المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة المذابة، للزيوت، الفلوريدات.

مجارى الطمى الأحمر (الروبة الحمراء) من مخلفات تنقية البوكسيت تحوى على الروبة بنسبة ١٥ - ٢٠% كموا صلبة، الرقم الهيدروجينى ١٢,٥ والتحليل الكيميائى للروبة كالتالى:

أكسيد الحديدك	Fe_2O_3	٣٠ - ٦٠%
أكسيد ألومنيوم	Al_2O_3	١٠ - ٢٠%
سيليك	SiO_2	٢,٥ - ١٤%
ثاني أكسيد التيتانيوم	TiO_2	صفر - ١١%
أكسيد الكالسيوم	CaO	٥ - ١٠%
أكسيد صوديوم	Na_2O	١,٥ - ٨%

د- معالجة مياه الصرف:

مياه الصرف (الروبة الحمراء) يتم معالجتها في أحواض ترسيب ليتمكن ترسيب المواد الصلبة العالقة وكذلك تبخر المياه بالطاقة الشمسية. كما يمكن إزالة المواد العالقة في أحواض الترسيب مع استخدام مواد الترويب ومساعدات الترويب لتعجيل الترسيب.

يتم فصل الزيوت والشحوم باستخدام جهاز فصل الزيت عن الماء، حيث يتم استحلاب الزيت ثم كسر هذا المستحلب باستخدام الحرارة أو بتغيير الرقم الهيدروجيني - يتم تحسين فصل الزيت باستخدام تجهيزات الطفو بالهواء.

يمكن ترسيب الفلوريدات باستخدام الجير أو كلوريد الكالسيوم. يمكن كذلك خفض التركيز بتمرير مياه الصرف خلال برج محشو بالألومينا المنشطة (Activated Alumina) أو بطبقة من (Hydroxyapatite). يلزم معادلة مياه الصرف إلى رقم هيدروجيني ٦,٥ - ٨.

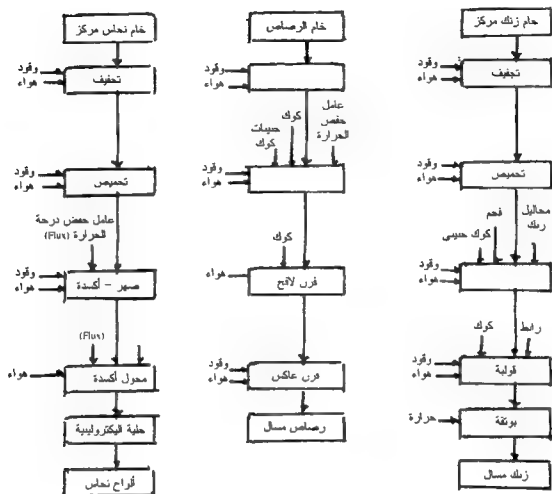
الخطوط الإرشادية لوكالة البيئة الدولية (EPA 1977) بنيت على أن أفضل تكنولوجيا عملية تتطلب تجهيز مصانع تنقية البوكسيت بأحواض تتسع لكل

عمليات مياه الصرف. مصانع الصهر الأولى يجب أن توفر الإزالة للفلوريد، المواد الصلبة العالقة، الزيوت والشحوم.

عمليات المسبوكات يجب إعدادها بالمعدات اللازمة لغسيل الأدخنة، التعادل، إزالة المواد الصلبة العالقة، عدم الالتصاق المباشر بمياه التبريد. معظم متطلبات الخطوط الإرشادية لعام ١٩٨٣ بالنسبة لمصانع الألومنيوم الأولى هي متطلبات داخلية، حيث شملت برنامج المحافظة على الماء لخفض كميات مياه الصرف. هذا بالإضافة إلى أن الانخفاض الثانى للفلوريد يجب خفضه كذلك ليصبح تركيزه قليل جدا. كذلك شملت الدراسة عمليات الصهر الثانية على أن تكون بدون أدخنة لإزالة المغنسيوم من الألومنيوم المنصهر.

٢- النحاس، الرصاص، الزنك: شكل (٣/٤)

الخام الرئيسى لمعادن النحاس، الرصاص، الزنك هو خام الكبريتيدات (Sulphides) والذى ينبعث منه ثانى أكسيد الكبريت ومواد دقيقة أثناء عملية التحميص (Calcining) فى وجود الهواء الجوى. صرف المياه من هذه المصانع هو مياه الفسيل للأدخنة التى تقام على أفران التحميص ووحدات الصهر، وأحيانا نظافة المعدات. عادة مصانع الصهر الأولى لهذه الصناعات توضع فى أماكن جافة نسبيا ومنعزلة، كما أن صرف مياه المخلفات ذات حجم محدود نظرا للقيمة العالية التى تحد من صرفها.



شكل (٣/٤) مخطط تصنيع زنك، قصاص، نحاس من الخام (الأولى)

أ- النحاس:

خامات النحاس يتم تجفيفها وتحميصها عند درجة حرارة ٦٥٠ م للتخلص من الأكاسيد المتطايرة وكذلك لتحويل كل الكبريتيد في الخام إلى الكبريت. الخام المحمص يتم خلطه مع مادة خفض درجة حرارة الانصهار (Flux) ووضعه في الفرن العاكس حيث يتم فيه صهر المعدن بإنعكاس الحرارة (Reverbaratory Furnace) حيث تنصهر الشحنة وتنقل إلى الخبث وخليط معدني من نحاس

ورصاص وزنك (Matte). يتم وضع الخليط المعدنى فى أفران المحولات (Converters) حيث يتم نفخ الهواء خلالها لأكسدة كبريتيد الحديد إلى الأكاسيد، وهذه تتحد مع السيليكا مكونة خبث، كما يتحول كبريتيد النحاس إلى النحاس الخام وثانى أكسيد الكبريت. عادة يتم صب النحاس الخام فى شكل أقطاب كهربية (Electrodes) حيث يستخدم كأنود (Anode) فى خلية إلكتروليتية، والكاثود نحاس نقى وسائل الإلكتروليت كبريتات النحاس. يتم دفع تيار كهربى إلى الخلية وألواح النحاس النقية عند الكاثود، حيث يرسب النحاس النقى على الكاثود تاركاً الأنود وتسقط الملوثات فى القاع فى شكل حمأة (Sludge).

مياه الصرف:

يكون مصدرها عادة غسيل الغازات الخارجة من المحمصة، من الفرن العاكس، ومحول الأكسدة، حيث المياه هذه تحمل مواد صلبة عالقة، ثانى أكسيد الكبريت، معادن ثقيلة. عادة يتم معالجة الأليكتروليت بعد الاستخدام بالحديد لترسيب النحاس تاركاً محلول مخفف من كبريتات الحديدوز للتحصل منه أو لمعالجته.

ب- الرصاص:

يتم تجفيف خام الرصاص ثم يخلط مع الكوك ومادة خفض درجة حرارة الانصهار Flux، ثم التلبيد (Sintered) إلى أكسيد الرصاص وثانى أكسيد الكبريت. يتم وضع اللباد فى فرن الصهر مع الكوك، الجير، الحديد الخردة ثم يدفع الهواء عند قاع الفرن. يتم إختزال أكسيد الرصاص إلى معدن الرصاص بواسطة فحم الكوك، حيث يتأكسد الكوك إلى أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون. يتجمع الرصاص المنصهر عند قاع الفرن تعلوه طبقة من خليط معدنى من كبريتات الحديدوز وكبريتات النحاس (Matte). يتم سحب طبقة الخليط المعدنى والخبث (Slag) من الفرن ثم يجمع الرصاص. تعاد طبقة الخليط المعدنى إلى العملية بينما

يتم طحن الخبث بالماء. يتم وضع الرصاص من فرن الصهر إلى الفرن العاكس حيث في ظروف درجات حرارة معينة مع استخدام إضافات والهواء، يتم طرد الملوثات في الرصاص ثم يتم سحب المنتج النهائي للرصاص وصبه (Cast).

مياه الصرف:

المصدر الرئيسي لمياه الصرف الصناعي هي مياه طحن الخبث ومياه غسيل الأدخنة والغازات. مياه طحن الخبث يتم تدويرها ويتم التخلص من جزء منها. الغسيل المبطل لغاز تليد الرصاص وخاصة في مرحلة التليد والحرق ينتج أدخنة تحتوي على ثنائي أكسيد الكبريت ومواد صلبة عالقة ومعادن ثقيلة ومواد أخرى موجودة في الخام.

ج- الزنك:

خام الزنك يتم تجفيفه ثم تحميص الخام لتحويل خام السلفين إلى (Sulfite) أكسيد الزنك وثنائي أكسيد الكبريت. الخام المحمص يتم خلطه مع الكوك والفحم (Coke, Coal) ومحاليل الزنك ثم توضع الشحنة في ماكينة التليد (Sintering). تشكيل اللباد مع الكوك ومادة الربط في صورة قوالب ثم شحنها في بوتقة الصهر. بخار الزنك المتصاعد يتم تكتيفه إلى الحالة السائلة على المكثفات ثم يتم صبه (سبكه) في الشكل النهائي. يتم غسيل غازات الأدخنة بتمريرها خلال وحدة غسيل الغازات (Scrubber).

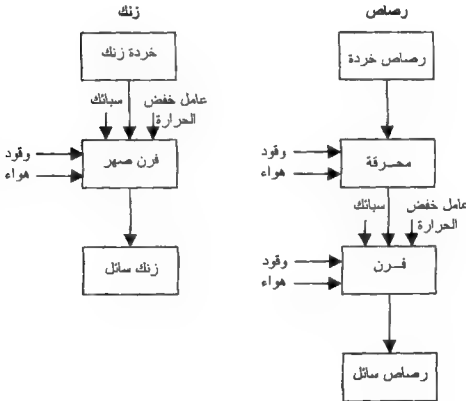
مياه الصرف:

مياه الصرف الناتجة هي خلال عملية غسيل الغازات الناتجة من التحميص والفرن والبوتقة ومن غسيل جهاز الترسيب الكهروستاتيكي ومن عملية خروج الرواسب من البوتقة.

الملوثات الرئيسية في مياه الصرف هي الأملاح المذابة، الكبريتات، الزنك.

د- الصهر الثاني لخردة النحاس، الرصاص، الزنك: شكل (٣/٥)

جزء كبير من النحاس والرصاص والزنك يتم إنتاجه بمعالجة الخردة والمواد الأخرى المحتوية على المعادن خلاف الخامات. يقدر إنتاج العمليات الثابتة بصهر خردة النحاس بحوالى ٤٥%، ٦٠% للرصاص، ٢٠% للزنك. عملية إستعادة هذه المعادن من الخردة متشابهة. خردة المعدن والمواد الحاملة للمعدن يتم تشوينها وطحنها. يتم التعامل مع الرصاص بالحرق لإزالة الملوثات. الشحنة الحاملة للمعدن يتم خلطها مع العناصر المسبوكية (Alloying Elements) ومادة خفض درجة حرارة الإنصهار ثم توضع فى الفرن العاكس لتحويل الشحنة إلى معدن منصهر، الزنك يمكن سحبه أو تقطيره من الشحنة واستعادته بالتكثيف.



شكل (٣/٥) مخطط تصنيع زنك، رصاص، نحاس من الخردة (ثاني)

مياه الصرف الناتجة من هذه العمليات هي مياه الغسيل للأدخنة والغسازات ومياه طحن الخبث ومياه النظافة.

الملوثات الرئيسية في هذه العملية هي المواد الصلبة والمعادن الثقيلة.

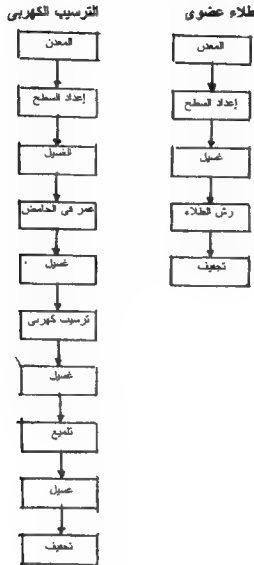
هـ- معالجة مياه الصرف:

عملية معالجة مياه الصرف في حالة إنتاج المعادن من الخامات أو من الخردة متشابهة. يتم معالجة مياه الصرف لإزالة المواد الصلبة العالقة وخفض تركيز المعادن الثقيلة، ثم تتم عملية التعادل باستخدام لبن الجير (Lime). يتم ضبط مخلفات مياه الصرف للرصاص إلى الرقم الهيدروجيني ٧ لخفض المحتوى من مركبات الرصاص المذاب. يتم ضبط الرقم الهيدروجيني لمياه صرف الزنك إلى رقم هيدروجيني من ٦ إلى ٧ لمنع زيادة إذابة الزنك. ثم يتم ضبط الرقم الهيدروجيني للنحاس إلى أكثر من ٦,٥ لزيادة ترسيب المعدن. عملية إزالة المواد الصلبة العالقة تتم إما بالتريسيب في أحواض التريسيب أو بالترويب ثم الترشيح. استخدام البولى اليكتروليت يساعد في عملية التريسيب. يتم فصل الزيت في جهاز فصل الزيت عن الماء (Oil Water separator) المزود بكاشط (Skimmer). إزالة السيانيد تتم عادة بالكُلُور.

٣- تشطيبات المعادن: (Metal Finishing) شكل (٣/٦)

صناعة تشطيب المعادن تجرى على نطاق واسع للمعادن كما في حالة الصلب حيث تنفذ إما للحماية أو للشكل الجمالى. عملية التشطيب أو التغطية تشمل أساسا معادن النحاس، النيكل، الزنك، القصدير، المواد العضوية، البويات.

مياه الصرف المنتجة من هذه الصناعة هو الصرف من خلال عمليات التنظيف لإزالة الصدأ والقشور (Scales)، الأتربة، الزيت والشحومات، كما قد تكون نتيجة معالجة سطح المعدن بالحامض أو بالقلوى في عملية (Pickling) وكذا في عملية الغسيل للمعدات بعد تشطيبها.



شكل (٣/٦) مخطط عمليات تشطيب المعادن

أ- تنظيف سطح المعدن وتحضيره:

سطح المعدن المطلوب تشطيبه يكون مغطى بالصدأ أو القشور أو الأتربة والزيوت والشحوم التى يجب إزالتها قبل التغطية. يتم إزالة قشور الصدأ بالطرق الميكانيكية (الفرشة السلك أو باستخدام الرمال - Sand Blast) أو بالغمر فى حوض به حامض أو قلوى أو بالتنظيف الكهربى. يمكن إزالة الزيت، الأتربة فى حمامات

قلوية أو حامضية أو في المذيبات أو حمامات الفوسفيت. تحضير السطح يشمل وسائل ميكانيكية أو أحواض حامضية حيث تعد السطح لألتصاق طبقة التشطيب (أو التغطية) وهذه العملية تسمى (Etching).

عمليات النظافة المختلفة تتطلب إستخدام المياه لإزالة مادة حمامات الغمر من سطح المعدن لايقاف أى نشاط كيمائى وللتنظيف. مياه النظافة ومياه صرف أحواض التحضير تحتوى على مواد عالقة وزيت وشحوم (عادة مستحلبه)، معادن مذابة، مواد مذابة أثناء مرحلة النظافة والتحضير.

ب- الطلاء، التغطية: (Plating and Coating)

قطعة معدن الأساس التى تم تحضيرها وتنظيفها كما فى الخطوات السابقة، يتم تغطية سطحها بغمر القطعة فى حمام مع إرسال تيار كهربى بين القطعة وأنود مغمور، أو بغمر القطعة فى حمام معدن منصهر أو برش الطلاء على القطعة. مصادر مياه الصرف فى هذه العمليات هى المياه التى تنتشر خارج الحمام أو الرش الغير متقن. نادرا ما يتم صرف محتوى هذه الحمامات والتخلص منها نظرا لما تحتويه من مواد ذات قيمة إقتصادية. ولكن عادة تصل المواد إلى الصرف فى عمليات التنظيف، بما تحتويه من مواد عالقة ومعادن ثقيلة، أحماض، سيانيدات، ملوثات أخرى حيث يتم صرف هذه المياه من منطقة الطلاء.

الغسيل الأخير (Final Rinse)

القطعة المعدنية التى تم تغطيتها أو طلاءها يتم إعطائها غسيل نهائى لإزالة آثار مياه الغسيل إلى الصرف. عند هذه النقطة فإن مياه الصرف تحتوى على كل كيمائيات الحمام مثل المعادن الثقيلة والأحماض والسيانيدات. العمليات التالية هى التجفيف وتأثيرها قليل بالنسبة لمياه الصرف. يمكن أن تحتوى مياه الصرف

الصناعى على مياه صرف صحى ومياه صرف من محطات القوى كما هو الحال فى أى صناعة.

جـ- خواص مياه الصرف:

صناعة طلاء المعادن مختلفة ومتعددة بما يجعل من الصعب تقييم نوعية معينة لمياه الصرف الصناعى، ولكن خواص مياه الصرف لمصنع الطلاء بالانحاس، الكروم، النيكل طبقا لتقرير وكالة البيئة الدولية (FFA) كما فى الجدول التالى:

مثال لخواص مياه الصرف لتشطبيات المعادن:

الحجم	مياه صرف الطلاء الكهربى للمعادن	مياه صرف صناعة المحركات بالبرطل / ١٠٠ محرك		
		نظافة حرارية	طلاء بالنبوية	طلاء كهربى
٥٠٠٠ جالون	-	٥٠٠٠ جالون	٢٤٠٠ جالون	٥٠٠٠ جالون
BOD	-	٤	٦	-
مواد صلبة عالقة	-	١٢	٤	٨
زيت	-	٤	٤	٨
كروم سداسى	١٧	٠,٤	٠,٢	٠,٧
كروم ثلاثى	٠,٠٥	-	-	-
حديد	-	٠,٢	٠,٢	٠,٢
زنك	-	-	١,٨	٠,٢
نحاس	٣٢	-	٠,١	-
نيكل	٧	-	-	-
فوسفات	٣٤	٢,١	٢,١	-
سيانيد	٥٠	-	-	١,٨
فلورايد	-	٠,٤	٠,٤	-
فينول	-	٠,٠٠١٨	٠,٠٠٠٤	-

د- معالجة مياه الصرف:

طرق المعالجة الرئيسية لمياه الصرف في هذه الصناعة كالاتي:

(١) السيانيد: يتم ضبط الرقم الهيدروجيني عند ١١ وذلك بإضافة الصودا الكاوية ثم إضافة الكلور أو الهيبوكلوريت. التفاعل يتوقف على الوقت ومرحلة الكلورة يجب أن تستمر لمدة ساعة.

(٢) محلول الكروم السداسي: يفضل عدم خلطه مع أى مياه صرف أخرى ويتم ضبط الرقم الهيدروجيني عند ٣. يضاف ثنائي أكسيد الكبريت أو مادة الباي سلفيت (Bisulphite) لاختزال الكروم السداسي إلى الكروم الثلاثي للتكافؤ.

(٣) مياه الصرف التي تحتوى على المعادن الثقيلة والكروم الثلاثي أو المختزل بعد تدمير السيانيد، حيث يتم ترسيب المعادن الثقيلة بضبط الرقم الهيدروجيني عند ١٠ باستخدام الصودا الكاوية أو باستخدام الجير المطفى. وهذا يحول المعادن الثقيلة إلى أملاح الايدروكسيدات أو إلى الأكاسيد والتي تخرج من المحلول فى شكل مواد صلبة عالقة.

يتم فصل المواد الصلبة العالقة من المحلول بالترسيب فى أحواض تعمل بالدفعه الواحدة (Batch) أو فى أحواض الترسيب المستمر. يمكن إضافة البولى إلكتروليت لتحسين عملية الترسيب. يمكن فصل الزيوت والشحوم فى أحواض الدفعه الواحدة أو فى أحواض ترسيب عادية وذلك بكشطها، كما يمكن استخدام الطفو بالهواء لتحسين عملية الفصل. توجد طرق معالجة أخرى ليست مستخدمة على نطاق واسع وهذه تشمل التبادل الأيوني لإزالة المعادن الثمينه. يمكن تدمير السيانيد باستخدام مخلوط من الفورمالين وثانى أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) ومميزات ذلك أنه لاينتج مواد سامة.

مشكلة معالجة مياه الصرف صعبة نظرا لأن المحاليل المطلوب معالجتها مخففة نسبيا، إلا أن خفض الحجم يمكن تحقيقه بإعادة استخدام المياه عدة مرات - يمكن تحقيق ذلك بعدة أحواض للغسيل. حيث الحوض الأول يستخدم للغسيل الأولى للقطعة والحوض الثاني للغسيل مرة ثانية. مياه غسيل الحوض الأول تستخدم لزيادة المياه في الحمام نظرا لتركيزها، مياه الحوض الثاني تكون مخففة جدا حيث يمكن استخدامها في الحوض الأول والغسيل بالرش يمكن أن يقلل من حجم مياه الغسيل حيث تستخدم فقط كمية المياه المطلوبة. تدوير المياه بعد الغسيل يمكن أن يقلل من كمية مياه التعويض المطلوبة (Make-up- Water).

تكنولوجيا معالجة مياه الصرف من الطلاء المعدني تشمل تدمير الميانيدي، إختزال الكروم السداسي، ترسيب المعادن الثقيلة يليه إزالة المواد الصلبة العالقة.

جدول (—) الأحمال القياسية للملوثات الخام من صناعة الصلب (القيم وحدات/طن)

[illegible]

تابع جدول (—) الأحمال القياسية للملوثات الخام من صناعة الصلب (القيم وحدات/الطن)

مستوى	المجال	مصنع الكوك		فرن الصهر		منطقة إنتاج الصلب		تشكيل على البارد
		متوسط	المجال	متوسط	المجال	متوسط	المجال	
فوسفات (بالرطل)								٢٢ - ١,٢
إجمالي كروم (بالرطل)								١,٦ - ٠,٠٠٥
كروم سداسي (بالرطل)								٢ - ٠,٠١
حديد (بالرطل)								٢ - ٠,٠١
زنك (بالرطل)								٣٠ - ٠,٣
BOD ₅ (بالرطل)								٥ - ٠,٠٨٥
قصدير (بالرطل)								٤,٥ - ٠,٠٠٥

التشكيل على الساخن

التدفق بالجالون	المتوسط ٧٥٠٠	المجال ٤٣٠ - ١٧٠٠
مواد صلبة عالقة (بالرطل)	المتوسط ٤٠	المجال ١٠ - ٧٥
زيت (بالرطل)	المتوسط ٣,٥	المجال ٠,٠٢ - ٧,٣٥

جدول (—) خواص مياه الصرف للصناعات الغير حديدية (بالرطل/الطن من الإنتاج)

البينان	صهر الخام	صهر المخلفات	السيك	التشكيل
الحجم (١٠٠٠ جالون/الطن)	٤٢ - ١٥	٤ - ٠,١	١٢ - ٠,١	٣٤ - ٠,٢
الرقم الهيدروجيني	٤,٠ - ٢,٧	٨,٥ - ٦,٠	٧,٦ - ٦,٩	٨,١ - ٥
المواد الصلبة العالقة	آثار ٩٢	٨٣٠٠ - ٥	- -	٥,٠ - ٠,٨
المواد الصلبة المذابة	٧٠ - ٦٤	١٣٠ - ٨٠	١٦,٢ - ٦,٤	٣٠٠ - ٢,٢
الزيت	--	--	١,٦ - ١	١٥ - ٠,١
COD	--	--	--	١٥ - ٥
كلوريد	--	--	--	١,٣
فلوريد	١٥٨ - ١١,٤	--	--	--
كبريتات	٢٥,٢ - ١٢	--	--	--

جدول (—) مياه الصرف من الصهر للخام (الصرف باللوحات / طن من المنتج)

الزئبق					الرصاص	
غسيل البوتقة	غسيل الفرن	غسيل الكاثود	غسيل التخميص	غسيل الماء	تحبيب الخبث	
٢ - ٠,٥	٠,٦	٢,٥	٤ - ٠,٢	٢,٣ - ٠,٢	٨٠ - ٤,٥	الحجم (١٠٠٠ جالون/طن)
١,٧	--	--	--	--	٨٠٠ - ٦٠٠	مواد صلبة عالقة (رطل)
١,٢	--	--	--	--	--	مواد صلبة مذابة (رطل)
--	--	--	١٠٠ - ٢٥	--	--	كبريتات (رطل)
٠,٢	--	--	٣ - ٠,٧	--	--	زنك (رطل)

(٣) مياه الصرف من صهر المخلفات:

النحاس / النحاس الأصفر	الرصاص	
٠,٥ - ٣٧ جالون	٠,٤ جالون	الحجم
١٤,٢٥ - ١,١٥		الحموضة (CaCO_3)
٣ - ١,١٥		المواد الصلبة الكلية
٢,١٤ - ٠,١٦		زيوت
صفر - ٠,٧٥	٤٠٠	كبريتات
٠,٣٧ - ٠,٠٢		سيانيد
٢,١٩ - ٠,٠١		كروم
		نحاس
	أكثر من ٢٢	رصاص
٠,٢ - ٠,٠١		نيكل
١,٢٢ - ٠,٠٤		زنك

ثالثاً معالجة مياه الصرف الصناعي من عمليات تكرير البترول

تكرير البترول (Petroleum Refining) شكل (٣/٧)

عمليات تكرير البترول الخام تنتج المواد التالية:

الجازولين، وقود الطائرات، زيت التشحيم، مواد تقطير متوسطة، وقود متبقى (سولار، ديزل، مازوت)، أسفلت. هذا بالإضافة إلى عدد كبير من منتجات بقصر صغير مثل الكوك، الشمع، الغاز المخلوق، الشحم. مصانع تكرير البترول هي عادة منشآت ضخمة بها حدة عمليات معقدة بما تحتويه من مختلف العمليات الإنتاجية. العمليات الإنتاجية التي تعتبر المصدر الرئيسي لمياه الصرف سيتم مناقشتها كالآتي:

١ - النقل والتخزين:

يصل الزيت الخام إلى مصنع التكرير بواسطة خط مواسير، عربات فنتاس أو بالنقل البحري، ثم يتم تخزينه في مصنع التكرير قبل تكريره. الفقد لا يمكن تجنبه بسبب النقل وكذلك في أي وقت يتم فيه نظافة هذه الخزانات، خطوط المواسير والمعدات. المياه التي يتم فصلها أثناء النقل وأثناء التخزين في أحواض التخزين هي مياه صرف ملوثة بدرجة كبيرة. تخزين منتجات التكرير هو مصدر مشابه للتلوث.

٢ - إزالة الأملاح من الزيت الخام: (Crude Oil Desalting)

في موقع بئر الإنتاج يكون المنتج من الزيت الخام هو خليط مع المياه المالحة. حتى بعد الفصل في الموقع فإن الزيت الخام الذي ينقل إلى مواقع التكرير يحتوي على أملاح أكثر مما يتلاءم مع معدات التكرير، حيث يتم إزالته بمياه الغسيل في وحدة إزالة الأملاح (Desalter). مياه الغسيل هذه تكون ملوثة بالملح، الزيت، كميات صغيرة من مواد أخرى.

٣- التقطير: (Fractionation)

عملية التقطير يتم بها فصل مكونات الزيت الخام في عدة مراحل تتوقف على طبيعة المنتجات المطلوبة للسوق ونوع الزيت المستخدم. مياه الصرف الرئيسية هي مياه التبريد والتي تكون نظيفة في حالة خروجها من المبردات باستثناء حدوث التسرب أحيانا. في حالة المكثفات بالضغط والمبردات الأخرى التي تعمل بالتصاق الماء مع الزيت، وبالتحديد في عمليات التقطير بالبخار فإن مياه الصرف تحتوي على كميات كبيرة من المواد البترولية. كما يوجد كذلك تلوث لمياه العمليات نتيجة التسرب، الفقد، نظافة المخلفات.

٤- التكسير: (Cracking)

يتم التكسير الكيماوي لجزيئات البترول الكبيرة إلى منتجات خفيفة إما حراريا أو باستخدام عامل وسيط أو باستخدام الهيدروجين. أي من هذه التقنيات أو جميعها له متغيرات كثيرة ومسميات خاصة. كل هذه العمليات تنتج مياه صرف زيتية، عادة تحتوي على ملوثات إضافية مثل المواد الصلبة العالقة والكيماويات غير الزيتية. وهذه تكون نتيجة تبريد وتكثيف المياه ومن المياه الناتجة عن التفاعلات الكيماوية ومن مختلف مصادر فقد المواد ومن تنظيف المعدات.

٥- إعادة تنظيم الجزيئات: (Molecular Rearrangement)

بالإضافة إلى تفكك الجزيئات بالتكسير فإنه يمكن بناء وإعادة بناء جزيئات البترول أو إعادة تنظيمها بأي من الطرق المختلفة. وهذه تشمل البلمرة، الألكلة (Alkylation)، إعادة ترتيب الذرات للجزيء مع ثبات عددها ونوعها (Isomerization). كل هذه العمليات يجب أن تسبقها المعالجة الكيماوية لإزالة مركبات النيتروجين والكبريت. المنتجات التي أعيد تنظيم جزيئاتها يتم تطهيرها لاستعادة المنتجات المطلوبة. مياه الصرف تشبه تلك الناتجة من عمليات التكسير بالإضافة إلى المحاليل القلوية الناتجة عن تعادل المنتجات الحامضية.

٦ - التنقية: (Refining)

يستخدم هذا التعبير ضمن التعبير العام لتكرير البترول حيث يشمل عمليات مثل إزالة الأسفلت بالمذيب، (Solvent Dewaxing)، إزالة المواد الشمعية بالمذيب، واستخلاص وفصل المركبات الأروماتية (Aromatics)، إستعادة البيوتاداي إين (Butadiene) من نواتج التقطير (Fractions) ذات الأربع ذرات من الكربون (4 Carbon Fractions) والمعالجة المائية (Hydro Treating). مياه الصرف هي أساسا المحاليل القلوية، مياه غسيل المعدات، مختلف المستحلبات المتكونة في كل وقت وذلك عند التصاق الزيت الماء والمذيبات ومواد أخرى.

٧ - عمليات أخرى:

تجرى بعض العمليات الأخرى ذات طبيعة خاصة والتي لا تتم في كل مصانع التكرير حيث تنتج مياه صرف صناعي. من بين هذه إنتاج الشحوم أو خلط زيت البترول مع الصابون لصناعات معينة، إنتاج الأسفلت وخلطه مع عامل وسيط ومواد أخرى، التجفيف باستخدام مرشحات ذات أساس طفلي، التحليه بإزالة مركبات الكبريت والنيتروجين (Sweetening). مياه الصرف من هذه العمليات المختلفة هي كذلك مختلفة حيث تشمل بالإضافة إلى المواد الزيتية والكيماويات الحرارة والمواد المستخدمة في العملية والمواد المزاللة من المواد البترولية ومنتجات التفاعلات الأخرى.

٨ - خواص مياه الصرف:

الجدول (١/٤) يوضح الشكل العام لمياه الصرف من تكرير ١٠٠ برميل من الزيت الخام.

الجدول (١/٤) نموذج لمياه الصرف من مصنع تكرير البترول

المصدر	الحجم بالجالون	الأكسجين الحيوى BOD بالرطل	الفينولات بالرطل	الكبريتيد بالرطل
إنتاج الزيت الخام والتخزين	٤٠٠	١	--	--
إزالة الأملاح	٢٠٠	٢,٠	٠,١	٢,٠
التقطير	٦٥٢٠٠	٧,٣	١,٧	١,٠
التكسير (حرارى، مائى، بعامل وسيط)	٢٩٠٠٠	١٤,٥	١٥,٤	٦,٦
إعادة تنظيم الجزيئات	٧٠٠٠	٠,١	٠,١	١,٧
التنقية	٣٥٨٠٠	٥٣,٩	٥,٢	٠,٧
الصرف من جهاز فصل الزيت (API)	١٥٠٠٠٠	٢٠٤,٥	١٦,٩	٥,٦

هذا بخلاف مياه التبريد.

الزيوت والشحومات التى يتم تعيينها بطرق الاستخلاص بالهكزين (Hexane) يمكن أن تكون حرة أو طافية أو مذابة أو مستحلبة. مياه الصرف من جهاز فصل الزيت (API) تحتوى على ١٠ - ١٠٠ ملجرام/لتر زيت. المواد العضوية مقاسة كأكسجين حيوى مستهلك (BOD) تتراوح ما بين ٢٥٠ - ٣٥٠ ملجرام/لتر. إختبار الكربون العضوى الكلى (TOC) مفيد لهذا الغرض ولكنه لا يستخدم عادة. المواد العالقة تتراوح ما بين ٥٠ - ٢٠٠ ملجرام/لتر، الفينولات من ٦ إلى ١٠٠ ملجرام/لتر والأمونيا من ١٥ إلى ١٥٠ ملجرام/لتر. الكبريتيد ينسب ولكن البيانات غير متاحة. بعض الملوثات الأخرى الأقل تأثيرا تشمل المواد الصلبة المذابة، السيانيدات، درجة الحرارة، والمعادن الثقيلة.

٩ - معالجة مياه الصرف:

توجد تقنيات كثيرة متاحة للاستخدام في مصانع تكرير البترول ولكن المعدة العالمية الأساسية هي بفصل الزيت بالجاذبية والموصفة بالتفصيل بواسطة معهد البترول الأمريكي (API). هذه الأجهزة تزيل الجزء الكبير من الزيت الطافي في مياه صرف تكرير البترول، رغم أنها لا تعمل على تكسير المستحلب ولا تزيل المواد المذابة، إلا أن تأثيرها يعتمد على درجة الحرارة، كثافة الزيت، حجم نقط الزيت، ووجود مواد عالقة أخرى. جهاز الفصل بالألواح المتوازية هو نوع آخر (Parallel. Plate Separator) والذي يستخدم كذلك لنفس الغرض. المياه الخارجة من جهاز فصل الزيت بالجاذبية تحتوي على ٥ إلى ٣٥ ملجرام/لتر من الزيت المتبقى، أساسا في شكل مستحلب. بعض تكنولوجيات فصل الزيت والتي تعتبر مؤثرة في خفض المواد الصلبة العالقة والملوثات التي تحملها تشمل الطفو بالهواء والمرشحات بالركام. الأول واسع الانتشار في الاستخدام وعادة يدعم بإضافة الكيماويات للمساعدة في الترويب مثل أملاح الألومنيوم والحديد زائد البولى إلكتروليت العضوى. يستخدم الطفو عادة حيث يليه الفصل بالجاذبية. تستخدم المرشحات عادة قرب نهاية مراحل التنقية، تلى عملية الحمأة المنشطة أو أى معالجة بيولوجية أو كيميائية أخرى.

المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة يمكنها إزالة من ٨٠ إلى ٩٠% من الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) والزيت ذلك رغم أن التفاعلات أبطأ من مياه الصرف الصحى. يلزم زيادة تركيز المواد العالقة فى السائل المخلوط (Mixed Liquor) حيث تكون من ٥٠٠ إلى ٣٠٠٠ ملجرام/لتر. زمن المكث أطول. المرشحات الزلطية وأحواض التهوية أو برك الأكسدة تستخدم كذلك فى المعالجة البيولوجية لمياه الصرف لتكرير البترول.

تكسير مستحلب الزيت يتم مع تحطم وتحلل الزيت في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف النهائية للتكرير. في بعض الحالات تكون الإضافات الكيماوية أكثر ملائمة حيث أنها تسمح باستعادة مشتقات بترولية معينة عند المصدر. المعالجة بالحامض عادية رغم استخدام كيماويات أخرى والتي تكون مفضلة في عمليات معينة.

التسخين رغم ارتفاع تكلفته فإنه يستخدم للمشتقات عالية الغليان حيث يتم في خزانات مجهزة بمواسير البخار (Steam Coils). لقد أوصت وكالة البيئة (EPA) بالتحكم في الملوثات والإقلال منها زائد المعالجة التي تعادل المعالجة البيولوجية بالمرحلة الواحدة يليها الترشيح بالمرشحات الحبيبية. كما يوصى ببدل آخر وهو الحماة المنشطة ثم الادمصاص على الفحم المنشط.

رابعاً معالجة مياه الصرف الصناعي من صناعة الورق ولب الورق

١- فى عملية صناعة لب الورق، يتم فصل المكون الرئيسى للورق وهو شعيرات السيليلوز عن المصدر الرئيسى لشعيرات السيليلوز وهو الخشب أساساً. نسبة قليلة فقط من الأثمال البالية، زغب القطن وبعض المواد الشعرية الأخرى مازالت تستخدم فى إنتاج لب الورق.

توجد طرق كثيرة لصناعة لب الورق من الخشب، فى أحد هذه الطرق يتم طبخ الخشب فى جهاز هضم (Digester) مع الكيماويات فى ظروف التحكم لدرجة الحرارة والضغط والوقت. الطرق المختلفة تستخدم كيماويات مختلفة أو خليط منها. فى طرق أخرى يتم إختزال الخشب إلى الحالة الشعرية بالطرق الميكانيكية فقط أو بالطرق الميكانيكية والكيماوية. الطرق المختلفة تستخدم كذلك أنواع مختلفة من الخشب الطرى أو الخشب الصلب (الناشف)، وإنتاج أنواع مختلفة من لب الورق كل منها له مميزات لمنتجات معينة. فمثلاً اللب السلفيت (Sulphite Pulp) متفوق فى حالة صناعة الورق الرقيق.

العمليات الميكانيكية النقية هى بطحن الخشب حيث تدفع أطوال من الخشب ضد حجر طحن فى وجود الماء وقطع الخشب حيث يتم الطحن فى أقراص الطحن. فى عمليات ميكانيكية أخرى تسبق عملية الطحن النقع الحامضى لخفض الطاقة اللازمة. يوجد كذلك الخشب المطحون كيماوياً حيث يتم نقع القطع الخشبية فى محلول سلفيت الصوديوم المخفف (Sodium Sulphite). والطحن الحجرى والصودا الكاوية حيث ننقع فى محلول الصودا الكاوية.

فى تصنيع لب الورق الكيماوى يتم طبخ قطع الخشب تحت ضغط فى محاليل كيماوية مختلفة إلى الحد الذى تذوب فيه المكونات الغير سليلوزية وتحرر

الشعيرات بفعل قوة إندفاعها من وعاء الطبخ تحت الضغط. لاتوجد حاجة إلى أى طاقة ميكانيكية. عملية إنتاج لب الورق الكيميائية الأولى هى السلفيت (Sulfite) (قلوى كالسيوم، أمونيا، صوديوم أو مغنسيوم). الكرافت (Craft) (صودا كاوية وسلفيد الصوديوم).

يتم إزالة الأحبار من مخلفات الورق لإعادة إستخدام ورق الصحف لصناعة ورق رقيق وألوانه فاتحة. تنفذ عملية التبييض فى عدة مراحل من استخدام الكيماويات بالصودا الكاوية والتي تشبه صناعة لب الورق كيماويا من الخشب.

نسبة كبيرة من لب الورق يتم تبييضها لإزالة اللون الطبيعي البنى وذلك لصناعة ألوان بيضاء أو ألوان فاتحة. تتم عملية التبييض فى مراحل عدة من الاستخدامات الكيماوية والاستخلاص القلوى. الكيماويات المستخدمة تختلف طبقاً لنوع لب الورق الأبيض. ولكن يمكن أن تشمل الكلور، هيبوكلوريت الكالسيوم أو الصوديوم وثانى أكسيد الكلور لللب الورق الكيماوى وللب الورق الميكانيكى يستخدم الهيدروسلفيت (Hydrosulfites) والبيروكسيد (Peroxides). مواد التبييض المستخدمة لإزالة الأحبار من لب الورق تتوقف على المكونات للمخلفات الورقية، والمادة الخام ولكن عموماً تشمل واحد أو أكثر من السابق. لب الورق الشبه كيماوى نادراً ما يتم تبييضه.

عملية التبييض تستخدم كذلك لإنتاج اللب المذاب (Dissolving Pulp) وهو السيليلوز ألفا المكون للريون (Rayon) والمفرقات. عملية تصنيع الورق هى نفسها بصرف النظر عن اللب المستخدم أو المنتج النهائى. طبقة من الشعيرات ترسب من العالق المخفف من اللب على مصفاة رقيقة. هذه المصافى تسمح بصرف الماء وتحفظ بطبقة الشعيرات. هذه الطبقة اللانهائية يتم ضغطها وتجفيفها فى عدد من أسطوانات الضغط والتجفيف. ماكينة (Fourdrinier) التى لها سطح مكون للطبقة

المستوية تستخدم عادة لعمل الورق، الماكينة الأسطوانية أكثر استخداماً حيث أنها مرتبطة بصناعة الألواح الورقية (Paperboard) نظراً لقدرتها على عمل عدة طبقات من المسطحات الورقية. نوع الماكينة المستخدم تأثيره قليل على أحمال الصرف الخام. المخلفات من الورق يتم تحويلها إلى شعيرات ثانية بإضافة الماء، الكيماويات، البخار لوحدة إنتاج اللب حيث يتم إستخلاص الشعيرات من الورق (Defibred).

إستعادة الكيماويات من سائل الطبخ لعملية إنتاج لب الورق بالطريقة الكيماوية تعتبر أساسية، وكذلك في عملية الكرافق يكون ضروري من الناحية الكيماوية بسبب إرتفاع سعر الكيماويات المستخدمة والتركيزات المطلوبة وللمحافظة على البيئة. حرق وتبخير سائل الصرف للإستعادة في بعض الحالات.

٢- خصائص مياه الصرف:

مياه الصرف من صناعة الورق ولب الورق تحتوى على مكونات عضوية مذابة من الخشب بما فيها اللجنين والتانين والسكريات والسيليلوز. الإضافات مثل مواد اللصق، النشويات، الراتنجات، كيماويات الطبخ الغير عضوية والمواد الغروية. كل مياه الصرف من كل الإنتاج الميكانيكى لللب الورق متشابهة في النوع والحجم. مكونات الملوثات تشمل مواد صلبة عالقة، ومواد عضوية مذابة ومواد غير عضوية مذابة في حالة الطحن الكيماوى للخشب وعملية الصودا على البارد.

حجم المياه المنتجة يتراوح ما بين ٢٠٠٠ و ٤٠٠٠ جالون لكل طن من لب الورق. المواد الصلبة العالقة والحمل العضوى (BOD₅) يتراوح بالنسبة لعمليات إنتاج اللب الميكانيكية كالآتى:

BOD ₅ رطل / طن	مواد صلبة عالقة رطل/الطن	
١٩ - ٨	٢١ - ١١	عملية الطحن الحجرى
٣٢ - ١٨	٥٩ - ٣٠	عملية التنقية
٨١ - ٦٩	٣٢ - ١٥	الخشب المطحون بالكيمياويات
١٠١ - ٧٣	٣٧ - ٢٤	الصودا الباردة

مياه الصرف من عمليات السلفيت المتعادل الشبه كيملوى (NSSC) (Neutral Sulphite Semi Chemical) ذات حجم قليل ولكن ذات محتوى عالى من BOD وذلك بسبب درجة التدوير العالية التى تستخدم. الأحمال من BOD هى ٥٧ رطل / الطن عند تدفق ١٧٠٠ جالون / الطن تعتبر حالة قياسية. القيم المتوسطة من ١,٣ (NSSC) الطواحين المترجة (Corrigating Mills) مع إستعادة السائل تكون ذات أحجام من السوائل المنتجة ١١٣٠٠ جالون، ٥٨ رطل من BOD، ٣٢ رطل من المواد الصلبة العالقة لكل طن من لب الورق.

ماكينات السلفيت الحديثة التى تستعيد الكيماويات و/أو حرق سوائل المخلفات تصرف ما بين ١٥٠٠٠، ٣٠٠٠٠ جالون لكل طن من لب الورق. إجمالى الفقد يصل إلى ٨٠٠ رطل من المواد الصلبة الكلية، ٦٠ رطل من المواد الصلبة العالقة، تقريبا ٣٠٠ رطل من الحمل العضوى BOD لكل طن من لب الورق. قيمة الرقم الهيدروجينى تتراوح ما بين ٢,٥ إلى ٣,٢. قيمة اللون للمياه الخارجة حيث يكون اللجنين هو السبب إلى حد كبير تتراوح على تدرج الكلوروبلاتينيت (Chloroplatinate) من ١٠٠ إلى ٧٥٠ ملجرام/لتر، القيم القليلة تكون لسلفيت المغنسيوم القاعدى والقيم المرتفعة للألمونيوم القاعدى. إستعادة سائل السلفيت ليس مؤثر مثل إستعادة الكرافت بسبب الكمية الكبيرة لحامض الخليك فى ما تم تكثيفه

(Condensates). هذه المادة مسئولة عن الجزء الكبير من الحمل العضوى BOD₅ فى الصرف.

مثال الأحمال مياه الصرف من العمليات المستقلة لمعدة لب السلفيت شاملة التبييض موضح فى الجدول (١/٥).

جدول (١/٥) مثال الأحمال للصرف من عمليات السلفيت المستقلة:

مصدر العملية	الحجم جالون/طن	إجمالى المواد الصلبة رطل/طن	المواد الصلبة العالقة رطل/طن	BOD رطل / طن	COD رطل / طن	مجال الرقم الهيدروجينى
حوض الصرف	١٩٠٠	٢٤٧	١,٠	١١٦	--	٢,٩ - ٢,٢
المكثفات	١١٠٠	٤٧	٠,١	٦٦	--	٣,١ - ٢,٣
فقد السائل	٧٥٠٠	١٠٥	٢١,٠	٥٣	--	٢,٦ - ٢,٢
المصافى	٦٠٠٠	٢٧	٨,٠	٨	--	٥,٧ - ٥,٤
الغسيل وزيادة القوام	٧٥٠٠	١٣١	٨,٠	١٨	--	٣,٩ - ٢,٤
مخلفات مصنع الحامض	٣٠٠	١٠	٥,٠	مهمل	--	١,٢
صرف الغلاية	١٠٠	٢٢	٢,٠	مهمل	--	--
إجمالى	٢٤٤٠٠	٥٨٩	٤٥,١	٢٦١	٦١٨	٣,٢ - ٢,٥
التبييض	١٢٠٠٠	٢٠٠	١٥,٠	٣٩	--	٥,٨ - ٥

الفقد فى التبييض عند إنتاج لب السلفيت المذاب، يرتفع سريعا كالاتى

(Sulphite Dissolving Pulp).

٤٥٠٠٠ إلى ٦٠٠٠٠ جالون / طن

حجم المياه المنتجة

٢٠٠ إلى ٤٥٠ رطل / الطن

BOD

١٠٠ إلى ٢٠٠ رطل / الطن

المواد الصلبة العالقة

أكبر من ٣٠٠٠ ملجرام / لتر

اللون

١ - ٣

مجال الرقم الهيدروجينى

فى المصانع الحديثة حجم المياه الخارجية من إنتاج لب ورق الكرافت يتراوح ما بين ١٠٠٠٠ إلى ٢٥٠٠٠ جالون / الطن من المنتج. المصدر الرئيسى لمياه الصرف هى جهاز الهضم (Digester) مكثفات البخار. الملوثات تشمل مواد صلبة عالقة، مواد عضوية مذابة، أملاح أيونية غير عضوية مذابة. كذلك تلتصق الأيونات الغير عضوية مع المركبات العضوية مثل اللجنين، الراتنجات، الأحماض الدهنية. إجمالى المواد الصلبة العالقة يتراوح ما بين ٤٠ إلى ٦٠ رطل / الطن من المنتج. متوسط الحمل العضوى BOD يتراوح من ٢٥ إلى ٥٠ رطل / الطن. الجزء من المواد العضوية الغير قابلة للتحلل البيولوجى هو السبب فى لون السائل الخارج من عملية الكرافت. كلا من المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجى وغير القابلة للتحلل البيولوجى تسبب وجود اكسجين كىماوى مستهلك (COD) والذى يتراوح مع السلفيدات الغير عضوية من ٧٥ - ١٠٠ رطل COD / الطن. المحتوى من الأملاح الأيونية المذابة يتراوح ما بين ١٥٠٠ - ٣٠٠٠ ملجرام / لتر. الرقم الهيدروجينى ما بين ٩ - ١٠.

مياه الصرف من تبييض الكرافت موضحة فى الجدول التالى.

جدول (١/٦) حجم وخواص مخلفات التبييض للكرافت:

الرقم الهيدروجينى	اللون ملجرام/لتر	مواد صلبة عالقة رطل لكل طن من المنتج	BOD رطل لكل طن من المنتج	حجم مياه الصرف ١٠٠٠ جالون لكل طن من المنتج	
٥-٤	٢٥٠٠٠	٢٠-١٥	٣٥-٣٠	٢٥ - ١٨	شبة تبييض
٤-٣	٥٠٠٠٠	٣٠-٢٠	٦٠-٤٠	٣٥-٢٥	تبييض عالى
٣-٢	أكبر من ٥٠٠٠٠	١٥٠-١٣٠	١٥٠-١٢٠	٦٠-٥٠	إذابة اللب (خشب طرى)
٣-٢	أكبر من ٥٠٠٠٠	٢٠٠-١٩٠	٧٠٠-٥٠٠	٧٠-٥٥	إذابة اللب (خشب صلب)

مياه الصرف من مصانع الورق تتراوح ما بين ٣٣٠٠ إلى ٢٤٠٠٠ جالون/الطن من المنتج. مياه الصرف هذه عادة تحتوى على من ٨ إلى ١٢٣ رطل من المواد الصلبة العالقة ومن ١٠ إلى ٧٥ رطل BOD₅ لكل طن من المنتج.

مياه الصرف من صناعة الورق الرقيق (Fine Paper) بدون مواد الملئ (طفلة، كربونات كالسيوم... الخ). تحتوى على من ١٥٠ إلى ٥٠٠ جزء فى المليون من المواد العالقة ٩٠% منها مواد عضوية. المواد العالقة هي أساساً زغبات لب الورق. الأسطح الورقية المملوءة والمغطاة تنتج مياه صرف ذات محتوى عالى من المواد الصلبة العالقة بسبب وجود الإضافات الغير عضوية وكذلك المحتوى من BOD أعلا بسبب وجود مواد التشتت ومواد اللصق المستخدمة للمحافظة على مادة الملئ أو التغطية فى أو على الورق. المواد الغير عضوية تسبب عكارة عالية، رغم أن اللون الحقيقى منخفض وأن الرقم الهيدروجينى فى المجال المتعادل. معدل التدفق يتراوح ما بين ٧ إلى ٧٠ جالون / الطن.

فى المصانع الحديثة يستخدم التنوير وإعادة الإستخدام لمياه الصرف مع العمل على إصطياد الشعيرات المفقودة.

٣- معالجة مياه الصرف من الصناعات الورقية ولب الورق:

الإجراءات التى تتم فى المصنع لخفض أحمال مياه الصرف الخام تشمل، التنوير وإعادة الاستخدام، إجراءات إعادة واصطياد الشعيرات، منع تسرب المياه من الطلمبات، خفض إستخدام المياه النقية، خفض استخدام مياه التبريد.

المعالجة الخارجية للمواد الصلبة العالقة إستخدمت المصافى، المروقات الميكانيكية، أحواض الترسيب، الطفو بالهواء المذاب. أكثر الطرق إنتشاراً هي أحواض الترسيب الميكانيكية للتنظيف ذات قطر من ٣٠ إلى ٣٥٠ قدم، معدل

التحميل السطحي من ٣٩٢ إلى ٢٠٣٠ جالون في اليوم على القدم المربع (التصميم العادي - ٦٠٠ - ١٧٠٠، ٣٠٠ - ٥٠٠)، زمن المكث ٤ ساعة، الأحمال الصلبة من ٢٠٠ إلى ٨٠٠ قدم مربع لكل طن من المواد الصلبة الجافة في اليوم. التصميم الجيد والتشغيل الجيد للمروقات يزيل ٩٥% من المواد الصلبة العالقة القابلة للترسيب و ٢٠ إلى ٣٠% من الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD₅) يمكن عمل خفض إضافي في الحمل العضوى (BOD) بالمعالجة البيولوجية بواسطة أحواض أكسدة ضخمة وأحواض تهوية. تستخدم الحماة المنشطة والمرشحات الزلطية لدرجة أقل. معدل التحميل لأحواض الأكسدة من ٥٠ رطل أكسجين حيوى مستهلك (BOD) / الهكتار / اليوم يحقق نسبة إزالة ٨٥ - ٩٠% في الأجواء الحارة.

أحواض التثبيت الهواه تستخدم ٢ هكتار / مليون جالون / اليوم، زمن مكثف من ٥ إلى ٥١ يوم، وهى تنتج ٠,١ إلى ٠,٢ رطل من الحماة لكل رطل من الحمل العضوى (BOD) المزال، ويتطلب إضافة النيتروجين (وأحيانا الفوسفور)، ويستخدم أجهزة تهوية تربينية، طلمبات تهوية ذات التدفق المحورى، أو التهوية بالبنق، وتعمل عند ٥٠ - ٢٠٠ ملجرام / لتر من السائل المخلوط بالمواد الصلبة العالقة (MLSS). كما استخدمت محطات المعالجة بالحماة المنشطة لمعالجة مياه الصرف من لب الورق بتحميل من ١٥ إلى ١٥٠ رطل من الأكسجين الحيوى / ١٠٠٠ قدم مكعب وزمن مكث من ٢,٥ - ٨,٥ ساعة مع إضافات من المواد النيتروجينية والمواد الفوسفورية. وقد أوصى بأن أفضل تحميل هو من ٠,٢ إلى ٠,٧ رطل أكسجين حيوى للسائل المخلوط بالمواد الصلبة العالقة (MLSS). تراكم الحماة اللازم إزالتها هو رطل / كل رطل من الأكسجين الحيوى المستهلك المزال. من المشاكل الكبيرة عملية تخفيف الحماة من الماء والتخلص منها حيث يمكن أن تكون أكثر تكلفة من المعالجة نفسها.

عمليات التخلص الأخرى التي استخدمت فيها مياه الصرف للورق ولب الورق بدرجات متفاوتة من النجاح هي في تحسين التربة والرى وصرف المخلفات على الأرض وإزالة اللون باستخدام ترسيب الجير، الكربون المنشط، الشبه.

وقد أوصت (EPA) أن أفضل التكنولوجيات المتاحة هي التحكم الداخلي في خفض الملوثات بالإضافة إلى خفض المواد الصلبة العالقة باستخدام المصافي، أحواض الترسيب الأرضية، الترويق الميكانيكي وإزالة الحمأة، الطفو بالهواء المذاب. (معظم مياه الصرف من صناعة الورق ولب الورق تحتوي على قليل أو لا يوجد النيتروجين أو الفوسفور).

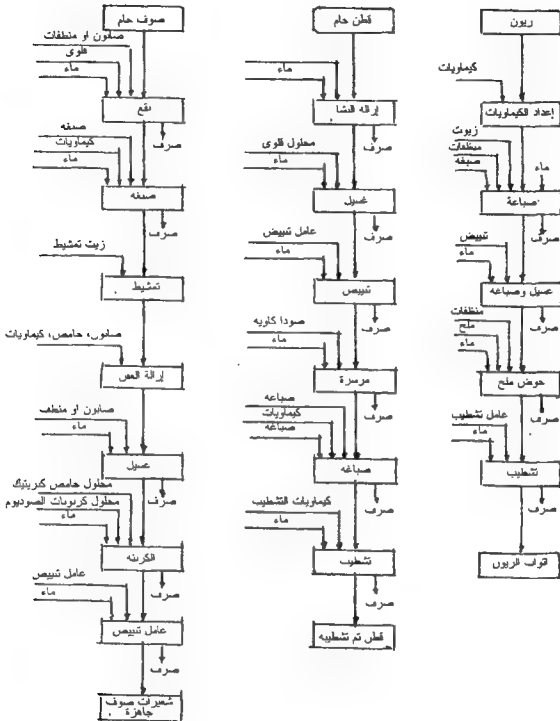
خامساً الصرف الصناعي من صناعة المنسوجات

١- صناعة المنسوجات تستخدم كميات كبيرة من المياه حوالى ٩٠% منها فى عمليات الغسيل والتنظيف والصقل والصباغة والطباعة والتبييض والتشطيب للمنتج. كل هذه العمليات تنتج مياه صرف والتي تحتاج إلى المعالجة.

توجد ثلاث أنواع رئيسية فى صناعة المنسوجات وهى الصوف والقطن والخيوط الصناعية والتي تنقسم إلى السيليلوزية والغير سيليلوزية. خطوات التصنيع المستخدمة لإنتاج مختلف المنسوجات متشابهة بالنسبة لخيط الغزل ولكن أحمال التلوث مختلفة. شكل (٣/٨).

١- الصوف الخام:

الصوف الخام يحتوى على كميات كبيرة من الأوساخ والأعشاب وشمع الصوف والعرق. يتم أولاً تنظيف الصوف بغسيله بالصابون أو بالمنظفات الصناعية بمياه ساخنة. يتم الغسيل بالتمرير المعاكس فى عدد من الأحواض. المواد الغير مذابة تتجمع فى قوادرى مركبة فى الأحواض، مياه الغسيل المحتوية على ٢٠٠٠ إلى ٤٠٠٠ ملجرام / لتر من الحمى العضوى BOD وحتى ٢٨٠٠٠ ملجرام / لتر من الشحوم إلى معالجة مياه الصرف. بعد الغسيل يمكن صباغة الصوف أو غزله ونسجه ثم بعد ذلك صباغته. محلول الصباغة ومياه غسيل عملية الصباغة يتم التخلص منها كمياه صرف. المصدر الرئيسى للحمل العضوى هو عامل الحمل (Carrier Agent). عوامل التلوث فى مياه الصرف هى كذلك الألوان، المواد الصلبة المذابة، الكروم سداسى التكافؤ. يتم بعد ذلك معالجة الصوف ميكانيكياً فى حوض من الماء والمنظفات، يتم الغسيل بالمنظفات ثم التخلص من مياه الغسيل. فى بعض العمليات يتم نقع الصوف فى محلول مخفف من حامض الكبريتيك ثم العصر للتجفيف ثم التسخين لكرينة المواد النباتية. يتم التخلص من صرف حامض الكبريتيك على مراحل، وهو مياه الصرف الوحيدة من هذه الخطوة. الخطوة الأخيرة عند الحاجة إليها هى التبييض باستخدام ثانى اكسيد الهيدروجين أو هيبوكلوريت الصوديوم، مجال التبييض ومياه الغسيل تشكل كل مياه الصرف.



شكل (٣/٨) مخطط لمعالجة المنسوجات

ب- القطن:

بعد إستقبال القطن من المحلج حيث يكون عادة مغطى بالنشا والغراء، يتم التعامل معه لإزالة النشا أو الغراء فى حوض حامض أو مادة كيماوية. يتم بعد ذلك غسل القطن بالماء وعامل قلوى لإزالة المواد الشمعية الطبيعية يتم التخلص من المياه المستخدمة. بعد الغزل يتم التبييض بهيبوكلوريت الصوديوم أو بواسطة ثانى أكسيد الهيدروجين ثم التخلص من المياه المستخدمة (يتم بعد ذلك الصباغة والغسيل والتغطية بطبقة محلول راتنجى للتشطيب). فى حالة الرغبة فى المرسرة (Mercerized) (والتي تتم لزيادة امتصاص القطن للصبغة وتقويته) يتم النقع فى محلول صودا كاوية مركزه. تتم بعد ذلك الصباغة والغسيل والتغطية بمحلول شمعى للتشطيب. مخلفات مياه المرسرة والصباغة والتشطيب ومختلف مياه الغسيل تضيف إلى الحمل الكلى للمخلفات.

ج- الريون: Rayon

يتم تصنيع الريون خلال عمليات الغسيل والصقل والصباغة فى حوض يحتوى على زيوت ومنظفات وصبغات. فى بعض المراحل يتم تبييض الغزل فى حوض يحتوى على ملح، منظفات صناعية وماء. يتم بعد ذلك التشطيب بطريقة تشبه تلك المستخدمة فى القطن. مياه الصرف من تصنيع الريون تشمل مياه صرف حمامات الغسيل والصبغة والتبييض وحمام الملح ومحلول التشطيب.

يتم غسل النسيج بالمنظفات والماء ثم الصباغة أو التبييض باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم أو ثانى أكسيد الهيدروجين. يتم غسل النسيج ثانياً، التسخين لجفاف النسيج، التشطيب بالكيماويات. مياه الصرف تشمل مياه الصرف من الغسيل والتبييض والصباغة والتشطيب وكذلك مختلف استخدامات المياه.

د- خواص مياه الصرف:

مياه الصرف من صناعة خيوط النسيج متشابهة. خطوات التصنيع لمختلف الخيوط متشابهة ولكنها تختلف في خواص مياه الصرف. مياه الصوف يمكن أن تحتوى على كميات عالية من المواد الصلبة المذابة وكذلك أحماض مرتفعة من الشحوم ومواد شعرية وأملاح غير معدنية وكيمائيات عضوية والتي عادة ما تكون سامة أو غير قابلة للتحلل البيولوجي ومعادن ثقيلة. العمليات المستقلة المختلفة تؤدي إلى الصرف على مراحل (Batch) والذي يسبب تغيرات كبيرة في الأحماض الهيدروليكية وأحماض التلوث. بعض أنواع الملوثات كما في الجدول التالي.

جدول (١/٧) الشكل العام لمياه الصرف في صناعة المنسوجات

لكل ١٠٠٠ رطل من النسيج بعد التشطيب

الحجم بالجالون	مواد صلبة مذابة بالرطل	مواد صلبة عالقة بالرطل	الحمل العضوي BOD بالرطل	
٣٣٠			٣٣٠	١- مخلفات الصوف
٣١٠٠			١٩	مياه الغسيل والصقل
٤٤٣٠٠			٣٦٠	الصباغة
١٦٥٠٠			٢	الغسيل
				الكربنة
٦٧٢٠٠			٧١١	الإجمالي
				٢- مخلفات القط
٥٥٠٠	١٠٥	٦٢	١١٩	إزالة الغراء
٩٥٠٠	١٣٠	٤٧	١٠٥	الغسيل والصقل
٩٥٠٠	٧٥	١٠	١٥	التبييض
١٩٠٠	٤٥	٣	١٠	المرسرة
٤٠٠٠	٧٥	٢٥	٦١	الصباغة
٨٧٥٠٠	٤٥٠	١٥١	٣٢٥	الإجمالي
				٣- مخلفات المنسوجات للصناعة
٨٠٠-٣٠٠٠	٥٠-١٥	٥٠-٥	٩٠-١٥	الغسيل والصقل
٦٠٠-٢٠٠٠	٤٠-٢٥	صفر - ٣	٧٠-٤٠	الصقل والطباعة
٤٠٠-٢٠٠٠	٢٠٠-٢	٤٠-١	٨٠٠-٢	الصباغة
١٥٠٠-٥٠٠	٢٠٠-٢٠	—	صفر - ٣	حمام ملحي
١٠٠٠٠-٢٠٠٠	٢٠-٤	٧-٢	٢٥-١٥	الصقل النهائي
٧٠٠-٥٠٠	١٠٠-٣	٥٠-٣	٨٠-٢	التشطيب الخاص
٢٩٠٠٠-٣٠٠٠	٦٠٠-٢٠	١٦٠-٢٠	٢٥٠-٢٠	الإجمالي

هـ - معالجة مياه الصرف:

إستعادة شحوم الصوف يتم بإضافة حامض الى شحنة الصرف لتكسير المستحلب وتحرير الشحوم. بعد استخلاص الشحوم بالطرد المركزي يتم التخلص من المجال المائي أو إستعادة الشحوم بعملية التبخير.

تستخدم المصافي لإزالة المواد من الشعيرات، هذه المصافي يمكن أن تكون دوارة أو ثابتة أو من النوع الهزاز.

تجهيزات الترسيب تشمل أحواض ترسيب، حيث يضاف البولى اليكتروليت لتسهيل فصل المواد الصلبة العالقة. تستخدم كذلك وحدات الطفو بالهواء لإزالة المواد الصلبة العالقة، عادة بالتوازي مع البولى اليكتروليت أو بعد عملية الترويب. الفصل الهوائى يزيل المواد الصلبة، الزيوت، الشحوم، الشعيرات ولكنه لا يؤثر على المواد المذابة مثل الصبغات.

عملية الطرد المركزى والترشيح هى عمليات قياسية تستخدم لإزالة واستعادة المواد الصلبة من مياه صرف الصناعات النسيجية. عادة تضاف مواد كيميائية مثل كبريتات الحديدوز، الجير المطفى أو الشبه، إلى مياه الصرف لعملية تكوين الزغبات صغيرة الحجم وترويبها وكذلك المواد الغروية إلى حبيبات كبيرة لتحسين فصل المواد الصلبة العالقة.

الترسيب الكيماوى يتم فى أحواض الترسيب (Lagoons) تضاف الكيماويات إلى مياه الصرف لترسيب المواد الصلبة المذابة والتي ترسب فى الحوض.

أحيانا تكون مياه الصرف من صناعة المنسوجات قلوية وذلك رغم وجود بعض تدفقات مياه صرف حامضية. لذلك يكون من الضرورى إجراء عملية

التعادل بإضافة مواد حامضية أو مواد قلوية لحماية طرق المعالجة التالية ولتطبيق مع معايير الصرف.

عملية التسوية (Equalization) هي كذلك ضرورية لتسوية الأحمال الهيدروليكية والأحمال العضوية.

استخدام إدمصاص الكربون لإزالة اللون. عادة يتم بتمرير مياه الصرف خلال طبقة متحركة في عدة اتجاهات متعكسة.

الأكسدة البيولوجية هي عادة آخر مراحل المعالجة. المعالجة البيولوجية يمكن أن تتم في المصنع وعادة يتم صرف المياه إلى شبكة الصرف الصحي. في حالة المعالجة البيولوجية يمكن استخدام الحماية المنشطة والمرشحات الزلطية، أحواض الأكسدة، الأحواض المهواة. تستخدم الأكسدة الكيماوية مع الهواء، الكلور، أو ثاني أكسيد الهيدروجين لإزالة بعض الصبغات وقتل مختلف الكائنات البيولوجية، لقد أوصت (EPA) أن صناعة النسيج يمكن أن تحقق المعايير المطلوبة بتوفير المعالجة الأولية والثانوية لمعالجة مياه الصرف. كما أوصت أنه يمكن أن يكون الصرف صفر وذلك بخفض كمية المياه المستخدمة خلال التدوير واستخدام المعالجة البيولوجية والترويق لإزالة المواد الصلبة العالقة والتناضح العكسي. هذه المعالجات يجب أن يليها تبخير ثلاثي المراحل للمحاليل المركزة إلى مياه مكثفة مناسبة للتدوير وإعادة الاستخدام وراسب صلب متبقى مناسب للتخلص منه.

سادساً معالجة مياه الصرف من دباغة الجلود (Tanning)

١- الدباغة هي عملية تحويل جلد الحيوان إلى جلود مصنعة وذلك بمعالجة الشعيرات البروتينية بمواد مثل أملاح الكروم أو كبريتات الألومنيوم (الشبة) أو التانين (Tannin). تشمل الدباغة جلود الحيوانات الآتية: جلود الماشية والأغنام والجاموس والبقر والجمال والخيول والأرانب، التماسيح.

عملية الدباغة لجلد الماشية تتم في غرفة الدعامة الخشبية، غرفة الدباغة، إعادة الدباغة، اللون، السائل الدهني، التشطيب.

عملية دباغة جلد الخراف تتكون من غرفة الدباغة وإعادة الدباغة واللون وسائل دهني والتشطيب.

دباغة جلد الماشية:

الجلود الطازجة يتم تهذيبها وفرزها وتصنيفها ثم معالجتها (Cnring) بإضافة الملح والتخزين لمدة ١٠-٣٠ يوم. الجلود المعالجة بالملح يتم إعدادها في غرفة المعالجة بتقليب الجلود الطازجة في محلول ملحي مركز لمدة ٢ - ٣ يوم ثم الصرف. في المذبغة يتم تهذيب الجلود، ترتيبها أو شطرها إلى نصفين ثم الغسيل والنقع والصقل ونزع اللحوم وإزالة الشعر في مستحلب من الجير مع إضافات مثل سلفيد الصوديوم (Soduim Sulfide) أو (Sulphydrate) ثم نزع الشعر بالطرق الميكانيكية أو بالحرق أو بالإذابة.

قسم الدباغة (Tanhouse)

يتم تخفيض الجلد في محلول أملاح الأمونيا والأنزيمات لإزالة الجير وخفض الانتفاخ ولتحويل الشعيرات إلى مادة غروية (Peptize Fibers) وإزالة نواتج

التحلل للبروتين ثم يتم الغمر فى مياه مالحة وحامض ثم الدباغة فى أحماض التنتين النباتية. (Vegetable Tannins). أو فى خليط مناسب من كبريتات الكروم أو الشببه ثم الفصل للحصول على الجزء من الجانب الخارجى الذى عليه الشعر من جلد الحيوان حيث يتم التصنيع منفصلا.

عمليات إعادة الدباغة، اللون، السائل الدهنى:

إعادة الدباغة توفر صفات خاصة لتشطيب الجلد خلال إستخدام الكروم والنباتات وعوامل الدباغة المختلفة. هذه الجلود يمكن أن يتم تبييضها وتلوينها كما تضاف السوائل الدهنية (تضاف الزيوت لتحقيق المرونة والطفى).

خواص مياه الصرف:

المواد التى تظهر فى مياه صرف دباغة الجلود تشمل الشعر، قطع جلدية، قطع من لحم الحيوان، دماء، روث، أوساخ، أملاح، جير، بروتين مذاب، سلفيدات، أمينات، أحماض التنتين، الصودا آشن، سكريات ومواد نشوية، وزيوت (شحوم ودهون)، مواد النشاط السطحي، أحماض معدنية، مواد صبغات، مذيبيات.

المعايير المستخدمة لتعريف مياه الصرف تشمل الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD₅)، الأكسجين الكيماوى المستهلك (COD)، الأملاح الصلبة المذابة، الأملاح الصلبة العالقة، النيتروجين الكلى، الكروم، الزيوت والشحوم، السلفيد، القلوية الكلية، الرقم الهيدروجينى.

جدول (١/٨) خواص مياه الصرف من عمليات دباعة الجلود على أساس ٥٠٠ جلد فى اليوم
كل جلد وزنه ٦٠ رطل كالاتى:

عمليات التصنيع	أكسجين حيوى مستهلك BOD رطل / اليوم	مواد صلبة عالقة رطل/اليوم	مواد صلبة مذابة رطل/اليوم	حجم مياه الصرف مليون جالون/اليوم
الغسيل والصفل	٣٧٠	١٣٤٠	٣١٨٠	٠,٠٩٧
إزالة الشعر	١٨٣٠	٥١٦٠	٥٧٠٠	٠,١١٢
التطرية	٢١٠	٥٠	٤٢٠	٠,٠٣٢
التحليل (Pickling)	—	—	٤٢٠	٠,٠١٦
الدباجة (بالكروم أو بالنباتات)	١٥٠	٢٠٠	٩٠٠	٠,٠٢
التشطيب	٥٠	٥٠	١٠٠	٠,٠١٥
الإجمالى	٢٦٧٠	٦٨٠٠	١٠٧٢٠	٠,٢٩٢

معالجة مياه الصرف:

طرق خفض مياه الصرف لعمليات الدباجة تشمل الاقتصاد فى استخدامات المياه وإستعادة استخدام المحاليل ومعالجة مكونات معينة فى مياه الصرف.

مخلفات الصرف لدباجة الجلود تتم لها المعالجة المسبقة لتحقيق توافقها للصرف فى شبكة الصرف الصحى والمعالجة فى محطات الصرف الصحى.

عمليات المعالجة المسبقة تتكون من واحد أو أكثر من عمليات متعددة أو أن تشمل جميع العمليات. وهذه العمليات هى استخدام المصافى، التسوية، (Equalization) والترسيب الحر، الترسيب باستخدام مواد الترويب مثل الشبه والجير وأملاح الحديد والبلمرات والكرنية وكذلك ضبط الرقم الهيدروجينى والتخلص من الحمأة.

استخدام المصافي الدقيقة يزيل الأجسام الدقيقة من الشعر، الصوف، اللحم، قطع الجلود الصغيرة الناتجة عن التهذيب. تسوية التدفقات وضبط الرقم الهيدروجيني يتطلب عادة زمن مكث أقل من يوم واحد.

الترسيب الحر يقلل تركيز المواد الصلبة العالقة بنسبة من ٤٠-٩٠%، الاكسجين الحيوى المستهلك بنسبة ٣٠-٦٠%، الكروم الكلى بنسبة ٥٣%، القلوية الكلبي (مقيمة ككربونات كالسيوم) بحوالى ٢٧%، الدهون بنسبة ٩٠%. المعالجة الكيميائية يمكن أن تؤثر على إزالة المواد الصلبة العالقة من ٥٠% إلى أكثر من ٩٠%، إزالة السلفيد والكروم بنسبة حتى ٩٠%، إزالة اللون بنسبة ٩٣% إلى ٩٩%.

تستخدم الكربنة لمعالجة مياه الصرف القلوية ويمكن أن توفر إزالة للمواد الصلبة بنسبة ٩٥%، ٨٤% للاكسجين الحيوى المستهلك (BOD_5) وإزالة القلوية الزائدة.

تداول الحمأة والتخلص منها يشمل أحواض الحمأة، حفر دفن المخلفات، الانتشار على سطح الأرض.

المعالجة الثنائية (البيولوجية) المستخدمة لمعالجة مياه الصرف الصناعية الدباجة للجلود تشمل المرشحات الزلطية حيث تزيل من ٨٠-٩٥% من الأكسجين الحيوى المستهلك أما أحواض التهوية فإنه يمكنها إزالة ٩٢% من الحمل العضوى (BOD)، ٦٤% من الحمل العضوى (COD) الاكسجين الكيماوى المستهلك، ٧٥% من النيتروجين، تحقيق التدمير (التحلل) الكامل للكبريتيد بأحمال ٤,٥ رطل (BOD) / ١٠٠ قدم مكعب / اليوم.

نظام الأحواض اللاهوائية يحقق إزالة ٨٧% من (BOD)، ٧٤% من المواد الصلبة العالقة، ٦٨% من (COD)، ٢٤% من السلفيد، ٣٣% من النيتروجين الكلى.

محطات المعالجة بالحماة المنشطة التي تعالج مياه الصرف من دباعة الجلود هي مصدر إزعاج بسبب مصاعب التشغيل، كما أن التشغيل المثالي لهذه المحطات غير ممكن بهذه النوعية من مياه الصرف.

مثال: مصنع ينتج مليون جالون في اليوم من مياه الصرف يحتاج إلى الآتي: ٢ مروق كل بقطر ٣٥ قدم مع كاشط سطحي. نسبة التحميل السطحي ٤٦٠ جالون في اليوم/القدم المربع. أربع أحواض من الخرسانة كل حوض بسعة مليون جالون وبكل جهاز تهوية قوة ٣٠ حصان لكل حوض، الحمأة العائدة لكل حوض وللمروق الأولى والترسيب النهائي في مروقين كل بقطر ٤٠ قدم. ثم الكلورة والصرف إلى مسطح مائي قريب، لقد أوصت (EPA) (الوكالة الدولية لحماية البيئة) أن أفضل تكنولوجيا عملية متاحة هي المعالجة المسبقة وذلك بالمحافظة على استخدام المياه والتدوير لمحاليل الدباعة، تجميع وأكسدة السلفيد، المصافي الدقيقة، التسوية، الترسيب الأولى لإزالة الزيوت والشحوم وترسيب الكروم، ضبط الرقم الهيدروجيني، تداول الحمأة والتخلص منها باستخدام التكتيف. التكتيف بالمعالجة الكيماوية، سحب المياه، الردم الصحي للتخلص النهائي. المعالجة الكاملة في الموقع تستخدم كل ماسبق بالإضافة إلى التهوية والترسيب النهائي، الترشيح بالطبقة العميقة ذات الوسط الترشيحي من المواد المختلطة، الكلورة والصرف إلى المسطح المائي.

دلائل عام ١٩٨٣ لأفضل تكنولوجيا اقتصادية أضافت التهوية لنترجة (Nitrify) المواد العضوية ونيتروجين الأمونيا، الترسيب، الخلط مع الكربون المنشط لإزالة النيتروجين (Denitrification)، التهوية للمساعدة في إزالة غاز النيتروجين ثم أحواض الترسيب النهائي.

سابعاً مياه صرف الصناعات الدوائية

تحتوي الصناعات الدوائية عادة على المواد الغذائية (الفيتامينات) بالإضافة إلى مخلفات عضوية من عمليات التخمير (Fermentation)، بقايات المذيبات، عوامل عدم حدوث الرغاوى، ومركبات عضوية ذات درجات مختلفة من القابلية للتحليل البيولوجي وكذلك ذات درجات مختلفة من السمية بالإضافة إلى مياه الصرف. المخلفات الناتجة عن إنتاج البنسلين والستربتوميسين والمنتجات الدوائية الأخرى بها نسبة عالية من المواد العضوية العالقة والمذابة كما أن بها حمل عضوى عالى (BOD). عند صرف هذه المخلفات على المجارى المائية فإنها تسبب المذاق السيئ والعكارة وتعمل على خفض الأكسجين المذاب. وهذه المخلفات يمكن معالجتها مع مياه الصرف الصحى. وفي حالة عدم إمكان هذه المعالجة المشتركة فإنه يتم أولاً المعالجة بالتهوية يلى ذلك المعالجة البيولوجية باستخدام المرشحات البيولوجية. يفضل معالجة مياه الصرف من الصناعات الدوائية فى برك الأكسدة (Oxidation Ditches)، وذلك لأن عملية التهوية هى أفضل وسيلة للمعالجة. طريقة برك الأكسدة تقلل من المواد الصلبة العالقة فى مياه الصرف وكذلك الحمل العضوى إلى ٣٠٠ ملجرام / لتر بما يمكن من صرف مياه الصرف هذه فى شبكة الصرف الصحى. فى بعض الحالات تستخدم المرشحات الزلطية لمعالجة مياه صرف الصناعات الدوائية.

ثامناً مياه الصرف من الصناعات الغذائية

١- اللحوم والأسماك والطيور:

أ- خواص مياه الصرف:

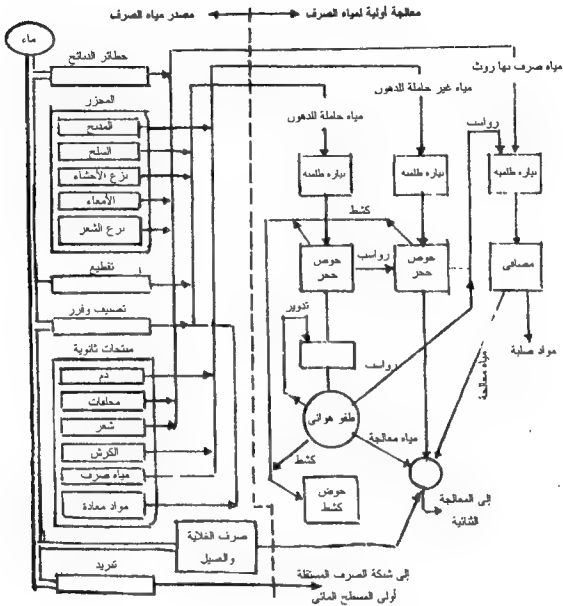
تستخدم المياه في تصنيع اللحوم للنظافة للمنتجات والتخلص من المخلفات. الشكل (٣/٩) يوضح مصادر مياه الصرف لمصنع تصنيع وتعبئة اللحوم. مياه الصرف تحتوى على دماء، أنسجة حيوانية ودهون، مخلفات الأمعاء، روث، تبين، شعر، قاذورات، مياه المكثف والفقد من محاليل التجفيف والغسيل والمنظفات القلوية. مياه الصرف الخام تنصف عموماً بالمعايير التالية:

التدفق، الحمل العضوى البيولوجى والكىماوى (COB, BOD)، المواد الصلبة العالقة، المواد الصلبة العذابة، دهون، نيتروجين الأمونيا، النترات، النيتريت، الفوسفور، الكلوريد. عموماً الملوثات الخطرة السامة مثل المعادن الثقيلة والمبيدات ليس لها وجود فى صناعة وتعبئة اللحوم.

ب- تقنيات المعالجة:

الحظائر الصغيرة لحجز الذبائح لمدة لا تقل عن يوم بدون غذاء مع توفير مياه الشرب يجب أن تكون جافة مع نظافة قليلة بالماء مع توفير مجارى خاصة وحفر لجمع الروث. روث والمخلفات من الأمعاء والمعدة يمكن استخدامها كسماد طبيعى. مياه الصرف يمكن كذلك استخدامها فى الأراضى أو عمل معالجة ثانوية لها.

دماء الذبائح لا يتم صرفها فى شبكات الصرف حيث تجمع ويتم تصنيعها. المياه المستخدمة فى النظافة وباقى الاستخدام يتم الإقلال منها ما أمكن.



شكل (٣/٩) المعالجة المنفصلة لمياه الصرف المحتوية على دهون وغير المحتوية على دهون والمحتوية على روث

المعالجة الأولية تتكون من تسوية التدفقات، المصافي لإزالة الروث، الشعر، باقى المخلفات، أحواض حجز لإستعادة الشحوم (٥٠ - ٦٠% إزالة للشحوم، ٣٠% حمل عضوى، ٤٠ - ٥٠% مواد صلبة عالقة)، الطفو بالهواء المذاب (٦٠% إزالة للمواد الصلبة العالقة، ٩٠% بإضافة الكيماويات، ٨٠-٩٠% شحوم). المعالجة الثنائية السائدة فى معالجة مياه الصرف من صناعة وتعبئة اللحوم هى المعالجة البيولوجية اللاهوائية فى الأحواض اللاهوائية. وهذه تعتبر إقتصادية ولا تتطلب طاقة كبيرة. يمكن خفض الحمل العضوى إلى ٩٧%، ٩٥% من المواد الصلبة العالقة باستخدام الأحواض اللاهوائية مع معدل ١٥ - ٢٠ رطل BOD / ١٠٠٠ قدم مكعب، زمن مكث ٥-١٠ يوم. نظام الإلتصاق اللاهوائى (Anacrobic Contact System) يتكون من أحواض تسوية، مفاعلات هضم وخط، وحدات تجريد بالهواء أو بالغاز وأحواض ترسيب. يحدث خفض فى الحمل العضوى (BOD) بنسبة ٩٧% درجة حرارة ٣٢ - ٣٥°م ومعدل تحميل ٠.١٥-٠.٢ رطل / القدم المكعب وزمن مكث ٢-١٢ ساعة.

إستخدام الأحواض المهباء: إستخدم فيها أجهزة تهوية ترينينية مثبتة، أجهزة تهوية طافية، أجهزة بثق الهواء. هذه الأحواض تكون بعمق ٨-١٥ قدم وزمن المكث ٢-١٠ يوم. هذه الأحواض ذات التهوية الصناعية تليها أحواض مهباء تهوية طبيعية لإزالة المواد الصلبة العالقة وتوفير معالجة إضافية.

الأحواض المهباء ذات عمق ضحل (٣-٨ قدم عمق) التحميل ٢٠-٥٠ رطل BOD / الهكتار / اليوم وزمن المكث من ١-٧ شهر.

بالنسبة لإستخدام المرشحات البيولوجية، الحمأة المنشطة، الملامسات البيولوجية الدوارة فإستخدامها محدود نظراً لصدمات التحميل.

ولقد أوصت وكالة البيئة الدولية (EPA) بأهمية حجز المواد الصلبة والدهون إلى ذلك المعالجة البيولوجية لمياه الصرف. كما تم تطوير نظام المعالجة (عام ١٩٨٣) بإضافة الطفو بالهواء المذاب مع ضبط الرقم الهيدروجيني والترويب الكيماوى. ثم المعالجة الثنائية بإزالة مركبات النيتروجين، المرشحات الرملية. بعد المعالجة المناسبة يمكن الصرف على الأرضى.

٢- صناعة منتجات الألبان:

أ- خواص مياه الصرف:

أهم خواص مياه الصرف من صناعة منتجات الألبان هي: الأكسجين الحيوى (BOD)، الأكسجين الكيماوى (COD) المطلوب، المواد الصلبة العالقة، الرقم الهيدروجيني. الخواص الأخرى ذات الأهمية الأقل تشمل درجة الحرارة، الفوسفور، الكلوريدات، النيتروجين.

يتراوح الحمل العضوى فى مياه الصرف ما بين ١٠٠٠ - ٤٠٠٠ ملجرام/لتر، المواد الصلبة العالقة حوالى ٢٠٠٠ ملجرام/لتر، الرقم الهيدروجيني من ٦-٩ درجة الحرارة ما بين ٧,٨ إلى ٣٧,٨م، الفوسفور يتراوح ما بين ١٢-٢١٠ ملجرام/لتر (بمتوسط ٤٠ ملجرام/لتر)، الكلوريد من ٤٦ - ١٩٣٠ ملجرام/لتر (بمتوسط ٤٨٢ ملجرام/لتر)، النيتروجين من ١-١٣٢ ملجرام/لتر (بمتوسط ٥,٤ ملجرام/لتر).

ب- تقنيات المعالجة:

يعتبر تحسين الأداء داخل المصنع من الناحية الهندسية بالنسبة لإستخدام مصادر المياه، المخلفات. يعتبر شرش اللبن (الذى يفصل عند صنع الجبن) (Whey) هو التحدى الرئيسى فى صناعة الألبان. حالياً يتم تجفيفه أو تكتيفه على

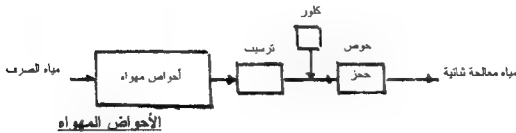
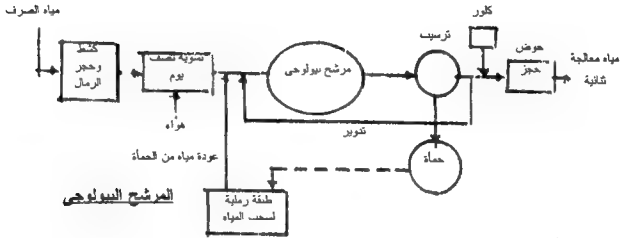
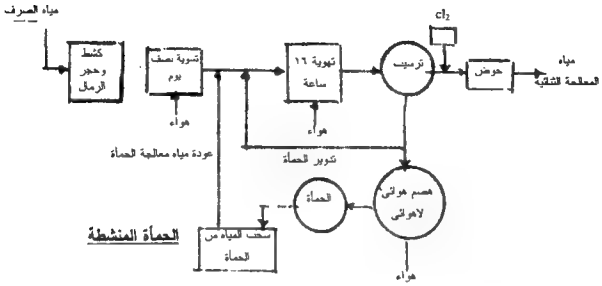
نخاله لتغذية الحيوانات، يستخدم كمصدر للبروتين في غذاء الحيوانات الأليفة، كما يستخدم في تجميد الفاكهة. باستثناء شرش اللبن فإن مخلفات صناعة الألبان قابلة للمعالجة البيولوجية. ثلاث نماذج لنظم المعالجة موضحة في الشكل (٣/١٠) وهى الحماة المنشطة، المرشحات البيولوجية، الأحواض الهواة. طرق معالجة أخرى تشمل أحواض التثبيت، استخدامها فى الري، المعالجة اللاهوائية (خزانات ترشيح). لقد أوصت (EPA) أن أفضل طرق المعالجة هو التحكم فى خفض الملوثات وخفض استهلاك المياه داخل المصنع ثم المعالجة البيولوجية وعند توفر مساحات من الأرضى تستخدم فى الري.

٣- صناعة حفظ وتجميد الأغذية: (Canning and Frozen Foods)

تشمل صناعة حفظ المواد الغذائية عمليات التجفيف أو التجميد أو الطبخ للفاكهة والخضروات. تعتمد عمليات الحفظ على نوع المادة الخام والشكل النهائى للمنتج. ولكن فإن معظم العمليات المنتجة لمياه الصرف متشابهة.

أ- خواص مياه الصرف:

تستخدم كميات ضخمة من المياه فى عمليات تصنيع وحفظ المواد الغذائية وتستخدم المياه لغسيل الثمار وكذلك كوسط إنتقال حرارى فى عمليات التسخين والتبريد وكمذيب لإزالة المواد غير المرغوب فيها من المنتج، كحامل لإضافة مواد إلى المنتج وكعامل نقل لنقل وتداول المواد الخام والمنتجات. تتميز مياه الصرف من الصناعات الغذاء بخلوها من الملوثات الخطرة والسامة.



شكل (٣/١٠) نظم المعالجة لمياه الصرف من صناعة منتجات الألبان

الجدول (١/٩) يوضح قيم الملوثات في مياه صرف بعض المنتجات

بطناس	موالح	تفاح	
٠,٣	٧,١	١١,٢ - ٦,٦	الرقم الهيدروجيني
٨٧٣	٢٣٦	٩٣٢ - ١٤٠	القلوية ملجرام/لتر (CaCO_3)
٥,٥	٢٠,٨	٣,٨٨	نيتروجين كلى ملجرام/لتر
٤,٣	٢,٠	٠,٦٣	فوسفور كلى ملجرام/لتر
٤٢٢٧	٣٠٨,٣	---	المواد الصلبة الكلية ملجرام/لتر
٤٢٢٧	٢٧٥١	١٣٢٧	المواد الصلبة العذابة ملجرام/لتر
---	---	٣ - ٢٤٠٠	الكوليفورم الكلى فى ١٠٠ سم ^٢
٢٥	٢٨	١٩	درجة الحرارة
٠,٥٣	٨,٦٩	٠,١٩	المبيدات ملجرام/لتر

ب- عمليات المعالجة لمياه الصرف:

تشمل عملية التحكم والتداول لصناعة المنتجات الغذائية تنظيم الأداء بما يقلل من إستهلاك المياه الخام وخفض الملوثات. مثل تدوير مياه الغسيل، عدم استخدا م المياه فى النقل، تطوير عمليات التنظيف... الخ.

المعالجة المسبقة أو الأولية تشمل تسوية التدفقات والحجز للمواد الصلبة العالقة باستخدام المصافى، الترسيب الحر، الطفو. المعالجة الكيمائية تشمل ضبط الرقم الهيدروجيني، الكلورة للتطهير وإزالة الروائح المنفرة. إضافة مواد الغذاء (حيث أن مياه صرف الصناعات الغذائية تفقر إلى النيتروجين والفوسفور)، إضافة مواد الترويب من الجير أو الشبه والترسيب (لخفض الحمل العضوى بنسبة ٨٩%).

المعالجة الأولية القياسية لمياه صرف الصناعات الغذائية تتكون من مروق ومرشح تفريغ دوار لمعالجة الحمأة المرسبه. بإضافة الكيماويات نسبة الإزالة للحمل العضوى من ٢٥ - ٤٠% ونسبة إزالة المواد الصلبة العالقة من ٤٠ إلى ٧٠%.

المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة يمكنها إزالة ٩٠ - ٩٥% من الحمل العضوى، المرشحات البيولوجية باستخدام الوسط الترشى من البلاستيك باستخدام تدوير على للسائل والتهوية بالهواء المضغوط إستخدمت لمياه الصرف عالية التركيز بالملوثات من ٣٠٠ - ٤٠٠٠ ملجرام/لتر مع نسبة الخفض من ٧٠ - ٧٧%.

عند توفر مساحات من الأراضي إستخدمت الأحواض أو البرك لمعالجة مياه صرف الصناعات الغذائية. الأحواض اللاهوائية حققت خفض فى الحمل العضوى حتى ٩٧% والمواد الصلبة العالقة حتى ٩٥%. وهذه الطرق تستخدم عادة كخطوة أولى قبل الصرف على شبكة الصرف الصحى.

الأحواض ذات التهوية الصناعية مع عمليات أخرى حققت خفض فى الحمل العضوى بنسبة ٩٠ - ٩٥% وأنتجت مياه ذات نوعية جيدة يمكن صرفها مباشرة على المسطحات المائية.

أحواض التهوية الطبيعية حيث زمن المكث لمدة طويلة حققت نسبة إزالة للحمل العضوى حتى ٩٩% وذلك رغم تعرضها لمشاكل تشغيل مثل نمو الطحالب، مشاكل التعفن.

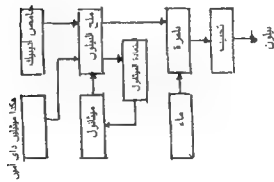
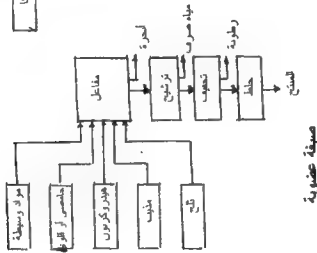
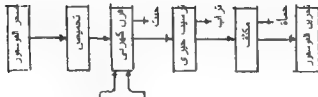
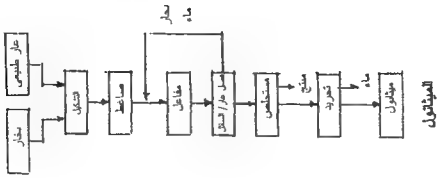
أفضل طرق التخلص هى باستخدام أحواض الترسيب والبخر. كما استخدم الرى بالرش عند توفر الأراضي المناسبة. أوصت (EPA) يحسن الأداء داخل المصنع لخفض استهلاك المياه وخفض الملوثات والمعالجة التى تتكون من استخدام المصافى، الترسيب الأولى، المعالجة البيولوجية. ويفضل بعد المعالجة البيولوجية عمل تهوية إضافية فى أحواض تهوية، ثم الترشى الرملى.

الفصل الرابع

مياه الصرف الصناعي من الصناعات الكيميائية

١- مقدمة:

الصناعات الكيميائية شديدة التعقيد ولها تقسيمات كثيرة والتي تتكون من المواد العضوية والمواد الغير عضوية. الكيماويات الغير عضوية هي أساساً من مواد معدنية شاملة الماء والهواء، أما المواد العضوية فيتم الحصول عليها من الحيوانات والنباتات أو من المواد الكربونية الخام المنتجة من الفحم أو البترول. الصناعات البتروكيميائية هي فرع هام من الصناعات العضوية حيث المواد الخام تستخلص من مشتقات البترول الخفيفة ومن الغاز الطبيعي. هذه الصناعات الكيماوية تنتج حوالي ١٥ صناعة كيماوية كبيرة، ٣١ صنف من الراتنجات والخيوط الصناعية. خطوات التصنيع الكيماوية تختلف حيث تتراوح ما بين التغيرات الكيماوية إلى إعادة التنظيم الكيماوي المعقد أو التخليق (Synthesis). معظم عمليات التصنيع تتكون من المراحل الكيماوية والكيماوية الطبيعية مثل التفاعلات الكيماوية، خفض حجم الحبيبات، الإذابة، البلورة، التقطير، الإدمصاص، الإستخلاص (Extraction)، التسخين، التبريد، التبخير. توجد أربع عمليات موضحة في شكل (١/٤- أ، ب، ج، د). الصناعات الكيماوية هي من أكبر الصناعات المستخدمة للمياه، حوالي



شكل (٤/١) مخطط عام لبعض الصناعات الكيماوية

٦٥% من المياه يستخدم لأغراض التبريد، بينما يستخدم الباقي في إعداد المنتجات. هذا بالإضافة إلى أن كثيراً من التفاعلات الكيماوية منتجا للماء كأحد نواتج التفاعل، وهذا يشكل جزء من مشاكل مياه الصرف. تستخدم كمية صغيرة من المياه في العملية الصناعية كمذيب، وكوسط للتفاعلات الكيماوية والطبيعية وفي عمليات الغسيل وتشطيب المنتجات.

مياه الصرف في الصناعات الكيماوية تحتوى على مواد كثيرة والتي يجب إزالتها بالمعالجة. وهي تحتوى على ملوثات من كثير من المواد ذات الأصل النباتى أو الحيوانى أو المعدنى.

٢- تقييم الملوثات في مياه الصرف للصناعات الكيماوية:

أ- يعبر عن كمية الخليط من المواد العضوية في مياه الصرف بمساعدة مؤشرين وهما الأكسجين الكيماوى المستهلك (Chemical Oxygen Demand - COD) والذي يشير إلى كمية الأكسجين بالملجرام/لتر اللازمة لأكسدة المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف إلى CO_2 ، H_2O ، NO_3 . لتعيين COD تستخدم طريقة قياسية باستخدام كرومات البوتاسيوم (K_2Cr أو O_3 أو برمنجنات البوتاسيوم (K_2MnO_4). كموا أكسدة أو تجميع.

أما كمية الأكسجين بالملجرام/لتر اللازمة للتحلل البيولوجى (الأكسدة البيولوجية) للمركبات العضوية القابلة للتحلل البيولوجى في مياه الصرف فهي تعرف بالأكسجين الحيوى أو البيولوجى المستهلك (Biological Oxygen Demand - BOD). كذلك يوجد مؤشر ثالث يستخدم في تعيين خليط المواد العضوية في مياه الصرف وهو تعيين كل الكربون العضوى (TOC - Total Organic Carbon) بالملجرام/لتر حيث يتم القياس بأكسدة كل المواد العضوية الغير قابلة للتحلل البيولوجى (COD) وتلك التى تتحلل بيولوجيا (BOD) إلى ثانى أكسيد الكربون.

ب- أيونات المعادن الثقيلة مثل الكروم، الزئبق، الرصاص وبعض الأيونات السامة الأخرى (مثل السيانيد) حيث المحتوى يجب أن يكون محدود جداً في مياه الصرف.

ج- الحموضة والقلوية لمياه الصرف والتي تشكل خطورة في شبكات الصرف وفي الصرف على المسطحات المائية بما يتطلب معالجته.

د- الزيوت المعدنية والشحوم والمواد الطافية الأخرى التي يمكن أن تطفو على سطح الماء حيث يجب إزالتها تماماً من مياه الصرف.

هـ- المواد الغذائية والتي تعتبر هامة في عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف مثل مواد النيتروجين والفوسفور، ولكن يجب الحد من زيادتها حيث أن ذلك يسبب نمو للطحالب والكائنات النباتية في المسطحات المائية التي يتم الصرف عليها.

و- المواد الصلبة العالقة والهلامية والتي تسبب العكارة للماء حيث يمكن أن ترسب بما يسبب إنسداد في مواسير الصرف. وجود المواد العالقة يحدد بمؤشر لإجمالي المواد الصلبة العالقة العضوية وغير العضوية.

ز- للتمييز ما بين المحتوى من المواد العضوية الصلبة والمواد العضوية البيولوجية (Biomass) في مياه الصرف يوجد مؤشر آخر وهو المحتوى من الأجسام الصلبة العالقة المتطايرة بالملجرام/لتر والتي يتم تعييبها بالأكسدة عند ٥٥٠م.

ح- المواد المسببة للون والعكارة والرائحة في مياه الصرف والتي يجب إزالتها. اللون كعامل ملوث يستخدم لمياه الصرف من صناعة الورق ولب الورق وصناعة المنسوجات. الرائحة يمكن أن تكون بسبب الكبريتيد أو المواد المتطايرة الأخرى والتي تسبب تلوث للبيئة والهواء.

ط- السمية: أن أهم المؤشرات في تعيين تأثير مياه الصرف على الكائنات المائية هو السمية. الطريقة القياسية لتعيين السمية في مياه الصرف هي بواسطة الإختبار البيولوجي (Biotest) حيث يتم تقدير تأثير المادة على كائنات حية. عادة الأجناس من هذه الكائنات الحية الحيوانية أو النباتية. عادة يستخدم نوع من السمك الأوربي يسمى السمك الأحمق (Fat Head Minnows) أو أعداد ضخمة من نوع آخر من الأسماك الصغيرة جداً. هي (Myrid shrimp) أو النباتات من الفصيلة الغارية القشرية وتسمى (Dapha Mogna Crustaceans). يتم تعريض هذه الكائنات الحية لتأثير سائل الصرف لمدة زمنية معينة (عادة ٤٨ - ٩٦ ساعة وأحياناً ٢٤ ساعة). يتم التعرف على السمية بأنها كمية المواد التي تسبب الموت لـ ٥٠% من الكائنات الحية ويرمز لها بالرمز (LC_{50}) أى التركيز السام ($LC = Lethal$ Concentration). الكمية المنخفضة لـ LC_{50} يقابلها سمية عالية لمياه الصرف والعكس صحيح.

الجدول التالى يبين السمية لبعض المواد عند التعرض لمدة ٩٦ ساعة بالملجرام/لتر

Myrid Shrimp	Daphne Mogna	Fat Head Minnows	
			المواد العضوية
٣٨,٧	٣٥,٢	٤٢,٧	البنزين C_6H_6
٢,٨٩	٣,٤٦	٣,٧٢	٤,١- داي كلوروبنزين
٤,٥٦	٥,٣٥	٥,٨١	٤,٢- داي نيتروفيول
٣٢٥	٢٤٩	٣٢٦	ميثيل الكلورايد
٣٥,٤	٣٣,٠	٣٩,٦	الفيول
٤,٦٢	٥,٤٥	٥,٩١	٦,٤,٢- تراى كلوروفينول
			المواد المعدنية
٠,٠٤	٠,٢٩	٣٨,٢	الكاديوم
١,٠٢	٠,٤٣	٣,٢٩	النحاس
---	٥٤	٤٤٠	النيكل

يلاحظ من هذه البيانات أن مختلف الجرعات من السمية لنفس المركب يمكن منها تمييز مختلف الكائنات الدقيقة. بالإضافة إلى أن دقة النتائج من تعيين السمية يمكن أن تنخفض مع إرتفاع قيمة (LC_{50}) ، على الجانب الآخر فعند قيم صغيرة لـ (LC_{50}) توجد نسبة عالية من الكائنات الدقيقة ميتة، وهذا يعطى صورة أكثر دقة عن السمية الحقيقية. نتائج القياسات تختلف إلى حد ما حسب ظروف الاختبار ونوع الكائنات وعدد التكرار. لهذا السبب تستخدم طرق إحصائية لتعيين السمية فى إختبارات الكائنات الحية (Biotests).

قريبا أصبح الحصول على معلومات عن السمية والتحلل البيولوجى الهوائى للمواد المطلوبة (Biodegradability) لعمل المعالجة المؤثرة لمياه الصرف بسيطا إلى حد كبير. ففى أوربا الغربية توجد خدمة الكمبيوتر لهذا الغرض والتي تسمى (INSTAB) (Information Service on Toxicity and Biodegradability). حيث تتوفر المعلومات المطلوبة بكثرة.

لمعالجة مياه الصرف من الصناعات الكيماوية يستخدم لهذا الغرض ثلاث أنواع من الإنشاءات للمعالجة وهى المحلية والعامة ومحطة معالجة مياه الصرف الصحى للمدينة. تصمم محطات المعالجة المحلية لمعالجة مياه الصرف عند خروجها مباشرة من وحدة الإنتاج. تصمم وحدة المعالجة العامة لتنقية المياه الملوثة من المصانع الكيماوية مع استخدام كل طرق المعالجة لمعالجة مياه الصرف الصناعى بما فيها الطرق الميكانيكية الطبيعية والطرق الكيماوية والبيولوجية.

محطات معالجة المدينة حيث تتم المعالجة بالطرق الميكانيكية الطبيعية - الكيماوية والبيولوجية حيث يجب ألا تحتوى مياه الصرف الصناعى على الملوثات التى تعيق المعالجة لمياه الصرف الصحى.

٣- استخدام المياه فى الصناعات الكيماوية وصناعة البتروكيماويات:

- تبريد المنتجات فى المبادلات الحرارية، للمنتجات كما فى حالة إنتاج الأمونيا، أو حامض الفوسفوريك أو الأسيتيلين أو الإيثيل بنزين أو البروبيلين... الخ.
- تبريد الضواغط، طلبات التبريد، صندوق تروس الطلمبات، كراسى التحميل حيث يتم تسخين الماء ولكنه لايتلوث.
- تحضير محاليل العمليات وإنتاج البخار فى محطات القوى الكهربائية أو غرف الغلاية للاستخدام فى تسخين المواد المتفاعلة وكذلك للتعويض فى الفقد الحرارى فى التفاعلات الكيماوية حيث تمتص الحرارة.
- كل مصانع الكيماويات والبتروكيماويات يمكن أن تنقسم إلى أربعة مجموعات على أساس كمية المياه المستخدمة لكل طن من الإنتاج وهى:
 - المستخدمة لمياه قليلة حتى ٥٠ متر مكعب/الطن.
 - المستخدمة لكميات متوسطة من المياه من ٥٠-١٠٠ متر مكعب/الطن.
 - المستخدمة لكميات كبيرة من المياه من ١٠٠-١٠٠٠ متر مكعب/الطن.
 - المستخدمة لكميات كبيرة جداً من المياه لأكثر من ١٠٠٠ متر مكعب/الطن.

تستخدم الكميات الكبيرة من المياه فى عمليات التبريد فى الصناعات الكيماوية ولذلك فقد تستخدم المياه المالحة إلى حد كبير فى تبريد المعدات. لذلك فإن تطوير نظم إعادة استخدام المياه وإنخفاض الملوثات أصبح من المهام الكبيرة.

إمدادات المياه للاستخدام تتكون من المصادر السطحية والجوفية بالإضافة إلى مآخذ هيدروليكية ومحطات طلبات لوصول المياه إلى محطات المعالجة لمياه للشرب ومياه الاستخدام الصناعى، ومحطات إزالة العسر وإزالة الملوحة، وكذلك

نظم التبريد (أبراج التبريد، أحواض الرش، أحواض التبريد)، خزانات المياه النقية الأرضية والعلوية.

نظم الإمداد بالمياه لأغراض الإنتاج تنقسم إلى: التمرير مرة واحدة، التدوير، إعادة الاستخدام.

كان من الضروري تطوير نظم الإمداد بالمياه فى الصناعة زيادة نسبة نظم التدوير حيث أن هذه النظم حققت خفض فى التكاليف بنسبة ٤٠-٥٠% نسبة إلى نظم التمرير مرة واحدة، لذلك فإن ٩٠% من متطلبات المياه فى الصناعات البتروكيماوية أصبح بنظام التدوير (Recirculating).

تنقسم نظم الإمداد بتدوير المياه إلى النوع المفتوح والنوع المغفل فى النوع المفتوح يتم تبريد الماء بالتصاقه بالهواء فى أبراج التبريد أو فى أحواض الرش أو فى أحواض التبريد، بينما فى النوع المغفل فإن المياه التى يتم تدويرها لا يحدث لها أى التصاق مع الهواء الجوى حيث يتم التبريد فى المبادلات الحرارية أو يتم فى المبردات (Refrigeration) أو فى الأجهزة المغفلة للتبريد بالهواء. كذلك يوجد التدوير لإمدادات المياه والتى تتكون من إزدواج النظم المفتوحة والنظم المغفلة، حيث يتم تبريد المياه المزال ملوحتها أو المزال عسرها فى النظم المغفلة فى مبادلات حرارية مستخدمة مياه التبريد من دائرة خارجية.

استخدام مياه الصرف العادية والصناعية والمياه المحلاة فى تدوير نظم الإمداد بالمياه فى الصناعات الكيماوية:

من الإتجاهات الواعدة نحو تطوير استخدامات المياه هى تبنى نظام عدم الصرف (No-Waste Systems) فى الإمداد بالمياه. فى هذه النظم تستخدم مياه الصرف الصحى المعالجة وكذلك مياه الصرف من الصناعات الأخرى لاستبدال

وتعويض الفاقد في نظم التدوير. وذلك باستخدام المياه المعالجة في التبريد وفي بعض الاستخدامات الفنية الأخرى في الصناعات الكيماوية والبتروكيماوية.

إستخدامات المياه الطبيعية:

إستخدمت مياه البحر والمياه الجوفية المعالجة لتصبح مياه عذبة في نظم التبريد بالتدوير وفي المبادلات الحرارية.

لتحقيق الفائدة من المياه الطبيعية سواء كانت من البحر أو من جوف الأرض فإن ذلك يتوقف على تسخينها بالطرق الحرارية لتحويلها إلى مياه عذبة ثم إستخدامها في نظم التدوير وإنتاج مجال تسخين.

تتوقف كفاءة تسخين المياه على التغلب على الترسيبات (Scales) ومشاكل التآكل. حيث أن المياه الجوفية ومياه البحر تحتوى دائما على أيونات الكالسيوم والمغنسيوم وأيونات الكبريتات والبيكربونات فإن وجود هذه الأيونات يحدد درجة العسر لهذه المياه المعدنية وقدرتها على تكوين الترسيبات (Scales). الأملاح المسببة للترسبات هي أملاح كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم. كما أن من المشاكل الهامة في استخدام المياه المعدنية هي مشكلة التآكل للمعدن، حيث تتوقف عدوانية المياه على محتواها من الأملاح الكلية المذابة ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة، سرعة حركة المياه والغازات المذابة مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين. أكبر تأثير عدوانى هو الناتج عن أيونات الكلور المذابة في المياه الطبيعية، حيث أن المحتوى من أيون الكلور أكثر من ٢٠ ملجم/لتر يزيد التآكل للزنك وللحديد المجلفن والمعادن الأخرى. عملية التآكل نقل في وجود أيونات الكالسيوم نظراً لأن هذه الأيونات تعمل على تكوين طبقة حماية.

٤- الخطوط العامة لمعالجة مياه الصرف الصناعي من الصناعات الكيماوية:

العمليات الكثيرة المختلفة فى الصناعات الكيماوية لها نظام عام لمعالجة مياه الصرف. حيث تشمل كل عمليات معالجة مياه الصرف طرق طبيعية - كيماوية - بيولوجية. وطبقاً لدرجة التنقية المطلوبة يمكن تقسيم المعالجة إلى الأولية والثانوية والثلاثية. المعالجة الأولية والثانوية تستخدم لمياه الصرف المخففة وغير السامة، وهى تشمل نفس العمليات كما فى حالة معالجة مياه الصرف الصحى. بالنسبة لمياه الصرف المحتوية على ملوثات سامة أو ملوثات غير قابلة للتحلل البيولوجى فإنه يتم معالجتها أولاً فى محطات معالجة محلية.

أ- المعالجة الأولية لمياه الصرف الصناعى: (Primary Treatment)

تتم المعالجة الأولية لمياه الصرف الصناعى لإعدادها للمعالجة البيولوجية. المعالجة الأولية تشمل التسوية (Equalization) لمكونات مياه الصرف وتعادليها (Neutralization) وذلك فى حالة إحتوائها على قلويات وأحماض التى تسبب التآكل والتلف للمعدات. الطريقة الميكانيكية للتنقية الأولية تشمل الحجز للمواد الطافية والعالقة باستخدام المصافى ثم الترسيب والترشيح، هذا بالإضافة إلى أن الطرق الطبيعية الكيماوية التى تشمل الطفو والترويب من وسائل المعالجة الأولية. هذه الأشكال من المعالجة تعد مياه الصرف إلى البدء فى المعالجة البيولوجية. حيث يكون الرقم الهيدروجينى ما بين ٦-٩، المحتوى من المواد الصلبة العالقة أقل من ١٥٠ ملجرام/لتر والمحتوى من الزيوت والشحومات أقل من ١٥ ملجرام/لتر والمحتوى من الكبريتيد أقل من ٥٠ ملجرام/لتر ومستوى أيونات المعادن الثقيلة أقل من ١ ملجرام/لتر، يتم هذا باستخدام المصافى ذات الألواح المتقبة كما فى حالة صناعة الورق ولب الورق، أو أحواض حجز الرمال أو المصافى الثابتة أو المتحركة أو الهزازة.

التدفقات المشتركة لمياه الصرف تدخل أولاً حوض التسوية والذي يصمم لتجانس المكونات وتسويتها ومنع ترسيب المواد العالقة بما يوفر الثبات والتنظيم للتدفق ودخول المياه إلى وحدات المعالجة مع ثبات وتسوية تركيز الملوثات بما يحقق زيادة تأثير عمليات المعالجة التالية وجمالية محطة المعالجة من زيادة الأحمال أو توقفها من آن إلى آخر.

مياه الصرف من مختلف العمليات التكنولوجية تحتوى على القلويات وعلى الأحماض. يتم معادلة مياه الصرف الحامضية والقلوية لمنع تآكل المواد المستخدمة في وحدة المعالجة وكذلك لمنع تلف المعالجة البيولوجية التالية وكذلك لعدم الخروج عن المعايير المقررة للصرف على المسطحات المائية هذا بالإضافة إلى ترسيب المعادن الثقيلة من مياه الصرف.

في حالة المعالجة مع عدم إمكان تحقيق التعادل المتبادل، عندئذ تستخدم الكيماويات لمعادلة مياه الصرف. الحامضية والقلوية. يتم عادة معادلة مياه الصرف الحامضية باستخدام الجير الحي أو الجير المطفأ $(\text{CaO or Ca (OH)}_2)$ ، والذي يعتبر مادة رخيصة التكاليف وسهلة الاستخدام. ولكن لها عدة عيوب حيث يكون من الصعب تنظيم والتحكم في جرعة في الخط (In Line) مع الرقم الهيدروجيني (pH) للمياه المتعادلة، ذلك لأن معدل التفاعل بين المحلول الحامضي والحبيبات الصلبة العالقة للجير في المحلول صغير نسبياً. لهذا السبب فإن التفاعل النهائي النشط في المجال المائي لا يتم في الحال ولكن بعد فترة زمنية معينة، هذا بالإضافة إلى أن كبريتات الكالسيوم التي تتكون نتيجة لعملية التعادل عند تراكيزات عالية ترسب في القاع بما يشكل عبي التخلص منها في أحواض الترسيب. تستخدم الأحماض المختلفة القوية لمعادلة مياه الصرف القلوية، أقل هذه الأحماض سعراً وأكثرها استخداماً هو حامض الكبريتيك. كذلك يمكن معادلة مياه الصرف القلوية باستخدام الغازات العادمة والتي بها تركيز من ثانى أكسيد الكربون يزيد عن

١٤% . صعوبة حساب الكميات الصحيحة للقلوى أو للحامض بسبب انخفاض طاقة الدري (Buffering Capacity) لمعظم مياه الصرف. لذلك يكون من المفضل عمل التعادل في مرحلتين أو في ثلاث مراحل باستخدام معدات التعادل (Neutralizers) المجهزة بتجهيزات خلط وجهاز للتحكم في الرقم الهيدروجيني في المجال المائي.

المواد المنتشرة من الرمال والأتربة ذات حجم حبيبات حتى ٢-٥ ميكرون وكذلك المواد الصلبة التي تتكون نتيجة عمليات التعادل (مثال لذلك كبريتات الكالسيوم) يتم إزالتها من مياه الصرف بالتريسيب بالجاذبية. الرواسب يتم إزالتها عادة من قاع أحواض التريسيب بالطرق الميكانيكية. يجب التخلص من الرمال والحبيبات الصلبة من مياه الصرف لتجنب تلف الطلبات نتيجة الاحتكاك والبرى، كذلك إندداد المواسير والتراكم في أحواض التريسيب. لتنفيذ ذلك تستخدم أنواع مختلفة من أحواض حجز الرمال وخاصة النوع الأفقي حيث تمر المياه بمعدل ٠,٣ متر في الثانية، هذا النوع من أحواض التريسيب يسمح للرمل بالتريسيب في قاع الحوض. حبيبات الأجسام الصلبة العضوية تمر إلى أحواض التريسيب والترويق والتي تكون إما أحواض مستطيلة أو مستديرة. الكفاءة العالية للتخلص من الأجسام الصلبة العالقة تتم باستخدام أحواض التريسيب المجهزة بالألواح أو الأنابيب المتعددة والمائلة.

بالنسبة لمياه الصرف ذات المحتوى المنخفض من الأجسام الصلبة العالقة والتي يلزم ترويقها تماما، فإنه يتم استخدام المرشحات ذات الوسط الترشيحي الحبيبي (رمل الكوارتز، كسر الجرانيت...الخ) حيث يكون سمك الوسط الترشيحي من ٦١ إلى ١٦٢ سم وسمك حجم الحبيبات من ٠,٢٥ إلى ٢ ملمتر. وهذه المرشحات تعمل بالجاذبية أو بالضغط وتكون إما ذات تدفق علوى أو تدفق سفلى. الترشيح يعمل على خفض تركيز المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف إلى ٥-١٠ ملجرام/لتر، ٣-٧ ملجرام/لتر بالنسبة للاكسجين الحيوى المستهلك.

يفضل استخدام المرشحات ذات الوسط الترشيحي المزدوج أو متعددة الطبقات عند تنقية مياه الصرف بعد المعالجة البيولوجية. المرشح الذي يحتوى على وسط ترشيحي مكون من طبقتين تكون الطبقة العلوية من الفحم النباتي بسمك نصف متر وقطر الحبيبات ١ ملمتر والطبقة السفلى من الرمل بسمك ٠,٣ متر وقطر حبيبات الرمال ٠,٤٥ ملمتر. بعد الاستخدام ٦-١٢ ساعة يتم تنظيف المرشحات من الأجسام الصلبة بتمرير تيار من الهواء أو من البخار خلال طبقة الوسط الترشيحي فى إتجاه معاكس لتدفقات المياه. عملية إزالة الزيوت والشحوم والمواد الأخرى الطافية تتم بنوعين من معدات الطفو وهما الطفو بالجاذبية حيث يستخدم لذلك جهاز فصل الزيوت لمعهد البترول الأمريكى (API-Separator)، الطفو بفقااعات الهواء (Air - Bubbles Flotation) حيث يذوب الهواء فى مياه الصرف عند الضغط، وعند إنخفاض الضغط حيث تتكون فقاعات تطفو على السطح أخذة معها الزيوت والشحوم الطافية كما يمكن زيادة كفاءة هذه العملية باستخدام عوامل ترويب.

ب- المعالجة الثانوية (البيولوجية) (Secondary treatment)

المعالجة الثانوية تشمل التنقية البيولوجية التى تتم نتيجة الأكسدة والتحلل للمواد العضوية من خلال أداء الكائنات الدقيقة. عملية المعالجة البيولوجية تحول المواد العضوية المذابة إلى ثانى أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والحصول على مخلفات غير ملوثة للبيئة بالإضافة إلى كمية كبيرة من البيوجاز. المعالجة البيولوجية تعمل على خفض التلوث العضوى فى مياه الصرف من ٥٠ إلى ١٠٠٠ ملجرام/لتر من الاكسجين الحيوى المستهلك (BOD_5) إلى أقل من ١٥ ملجرام/لتر.

عملية المعالجة البيولوجية لمياه الصرف يمكن أن تتم فى الظروف الهوائية وفى الظروف الغير هوائية. المعالجة البيولوجية بواسطة البكتريا تؤدي إلى تكون كتلة من الكائنات الدقيقة (Biomass) محتوية على ثانى أكسيد الكربون والماء

والمواد المذابة التي لا تتأكسد بيولوجيا. تتم المعالجة البيولوجية الهوائية لمياه الصرف باستخدام البرك المتهوأة (Aerated Ponds) والأحواض البيولوجية والمرشحات البيولوجية وأكثر الطرق استخداما للتنقية البيولوجية لمياه الصرف هو باستخدام الحماة المنشطة فى أحواض التهوية.

فى حالة عمل المعالجة فى ظروف لاهوائية (حيث لا يوجد أكسجين مذاب فى الماء) يحدث تحلل للمواد العضوية مع إنتاج غاز الميثان وثانى أكسيد الكربون وخلايا للكائنات الحية الدقيقة (Biomass). تستخدم المعالجة اللاهوائية لمعالجة مياه الصرف عالية التركيز بالمواد العضوية والتي لا تقل عن ١٥٠٠ ملجرام/لتر مقيمة كأكسجين كيماوى مستهلك (COD).

تشمل طرق المعالجة البيولوجية لمياه الصرف النتجة وإزالة النتجة. هذه (Nitrification And Denitrification) الطرق تساعد فى تحول النيتروجين فى أملاح الأمونيا (بعد الأكسدة بالبكتريا المؤكسدة للأمونيا إلى النيتريت والنترات) إلى النيتروجين الغاز. فى كلا العمليتين تحتوى مياه الصرف المعالجة على كتلة من البكتريا (Biomass) وبعض المواد التى لا تتحلل بيولوجيا فى شكل رواسب.

ج- المعالجة الثلاثية (Tertiary Treatment)

تضاف المعالجة الثلاثية بعد المعالجة البيولوجية وهى تشمل الترشيح لإزالة المواد العالقة والهلامية، الإمصاص بحبيبات الفحم المنشط أو بودرة الفحم المنشط، (ملحق و) الأكسدة الكيماوية لإزالة المواد العضوية التى لا تتأكسد بيولوجيا. بالإضافة إلى الطرق السابقة توجد طرق أخرى لتنظيف أو لتلميع المياه وهى تشمل الترويب والتبادل الأيونى، التناضح العكسى، الترشيح الفائق (Ultrafiltration) والطرق الكهروكيماوية. المعالجة المحلية يجب أن تتم لمياه الصرف التى تحتوى

على كميات كبيرة من المعادن الثقيلة، المبيدات والملوثات الأخرى التي قد تعيق المعالجة البيولوجية لمياه الصرف.

د- الطرق الميكانيكية لمعالجة مياه الصرف:

تستخدم الطرق الميكانيكية لفصل المواد غير المذابة العضوية وغير العضوية من مياه الصرف، ذلك لإعداد المياه المعالجة البيولوجية، للمعالجة الكيميائية الطبيعية للتتقية. تتكون المعالجة الميكانيكية من مصافي القضبان، أحواض ترسيب وحجز الرمال والترشيح. يتوقف نوع وحجم وطريقة المعالجة على أساس مكونات وخواص وطريقة المعالجة التالية لمياه الصرف.

كقاعدة عامة المعالجة الميكانيكية هي معالجة أولية لتأكيد فصل ٩٠ - ٩٥% من المواد العالقة وخفض الملوثات العضوية (BOD_5) إلى ٢٠ - ٢٥%. يمكن زيادة كفاءة الطرق الميكانيكية باستخدام أجهزة الطرد المركزي الهيدروليكي (Hydrocyclones) واستخدام المساعدات للترشيح ومساعدات الطفو.

هـ- الطرق الطبيعية - الكيميائية لمعالجة مياه الصرف:

وهذه تشمل التزغيب والترسيب (Flocculation And Coagulation) والإدمصاص، الاستخلاص، التبادل الأيوني والتناضح العكسي. وتستخدم طرق المعالجة هذه في مرحلة المعالجة الأولية لمياه الصرف وقبل المعالجة البيولوجية.

أ- الترويب: (Coagulation)

الأجسام الصلبة العالقة الكبيرة يمكن إزالتها بالطرق الميكانيكية ولكن الأجسام صغيرة الحجم والهلامية تظل كما هي حيث يمكن إزالتها باستخدام المرويات لزيادة حجم الحبيبات العالقة وزيادة كثافتها بما يمكن من التخلص منها بالترسيب والترشيح.

مواد الترويب المستخدمة في معالجة مياه الصرف من الصناعات الكيماوية وصناعة الورق ولب الورق وصناعة البتروكيماويات هي من أملاح الحديد ومن أملاح الألومنيوم. عند استخدام مواد الترويب هذه فإنها تتحلل مكونة إيدروكسيدات الحديد والألومنيوم الغير مذابة في الماء والتي تجذب إليها الأجسام الصلبة العالقة الصغيرة الحجم والهامية بما يزيد من حجمها ومن كثافتها حيث ترسب في قاع الحوض. تضاف المرويات بجرعات من ١٠٠ إلى ١٥٠ ملجرام/لتر.

كما يجب ملاحظة أهمية استخدام كلوريد الحديدك وكبريتات الألومنيوم في إزالة الفوسفور من مياه الصرف (إلى ٠,٣ - ٠,٧ ملجرام/لتر) وكذلك إزالة أيونات المعادن الثقيلة (الرصاص، النحاس، الزرنيخ، الكروم، الزئبق) في شكل إيدروكسيدات خلال الترسيب المتبادل مع إيدروكسيدات الحديد والألومنيوم. هذه الطريقة تحقق إزالة للرصاص والزرنيخ والكروم الثلاثي بنسبة ٩٠% ولكنها أقل تأثيراً في إزالة النحاس (حوالي ٥٠%). لخفض إستهلاك مواد الترويب يتم تنفيذ عملية الترويب في مجال رقم هيدروجيني ما بين ٤,٥ - ٨ أما بالنسبة لأملاح الحديد فيكون الرقم الهيدروجيني للماء أكبر من ٩. كما يجب أن تكون جرعة المروب في المتوسط من ٠,٥ إلى ١ جرام/المتر المكعب. الترويب للمياه المحتوية على مواد هلامية صغيرة ومنتشرة يمكن تنفيذه بتمرير مياه الصرف خلال جهاز التحليل الكهربى (Electrolyser) حيث يكون الأنود من الألومنيوم والحديد. يتأين معدن الأنود بتمرير التيار الثابت ويصل إلى الماء (الإليكتروليت)، عندئذ تترسب حبيبات الملوثات مع إيدروكسيدات الحديد أو الألومنيوم التي تتكون حيث تعلق بها.

بإذابة واحد جرام من الألومنيوم في الماء يكافئ إستخدام ٦,٣ جرام من كبريتات الألومنيوم $Al_2(SO_4)_3$ ، إذابة جرام واحد من الحديد يكافئ إستخدام ٢,٩ جرام من كلوريد الحديدك $(FeCl_3)$ ، ٣,٦ جرام من كبريتات الحديدك $Fe_2(SO_4)_3$.

الطاقة الكهربائية المستهلكة لإذابة جرام واحد من الألومنيوم هو ١٢ وات فى الساعة. كثافة التيار لاتزيد عن ١٠ أمبير على المتر المربع، حيث المسافة بين الأقطاب لاتزيد عن ٢٠ ملليمتر ويكون معدل تدفق المياه بين الأقطاب بما لا يقل عن ٠,٥ متر فى الثانية.

طريقة الترويب الكهروكيميائية يمكن إستخدامها لمياه الصرف المحتوية على حبيبات زيتية أو شحوم مستحلبة وكذلك لمستحلبات منتجات البترول وأملاح الكرومات والفوسفات. عند معالجة مياه الصرف التى تحتوى على منتجات بترولية ومواد عالقة بتركيزات من ٠,٣ - ٧,٥، ٠,٥ - ٨ جرام/لتر بالتالى فى وحدة الترويب الكهربى (Electro Coagulation) تكون كفاءة التنقية حتى ٩٩% وذلك عند استخدام تيار ثابت بكثافة ٠,٦ أمبير على المتر المربع وعند ١٠ - ١٨ فولت.

ب- الطفو (Flotation):

طريقة معالجة مياه الصرف المحتوية على مواد النشاط السطحى (المنظفات) وكذلك الملوثات من زيوت البترول والمنتجات البترولية والزيوت والمواد ذات الشعيرات بطريقة الطفو حيث تزال طبقة الخبث اللطافى من سطح السائل والتى تتكون من الفقاعات الهوائية والأجسام العالقة. طريقة الطفو تستخدم للتخلص من المواد الغير مذابة والخفض الجزئى لبعض المواد المذابة.

تستخدم الطرق التالية للطفو لمعالجة مياه الصرف من العمليات الكيميائية:

- الطفو بإزالة الهواء من المحلول (منشآت الطفو بالتفريغ والضغط).
- الطفو بالنشر الميكانيكى للهواء (الدوافع، منشآت الطفو الهوائى بدون ضغط).
- الطفو حيث يمر الهواء خلال مواد متينة.
- الطفو الكهربى (Electro Flotation).
- الطفو الكيميائى والبيولوجى.

الطفو الذى يتم فيه إزالة الهواء يستخدم فى تنقية مياه العمليات المحتوية على أجسام صغيرة من الملوثات نظراً لأنه ينتج فقاعات هواء متناهية فى الصغر، حيث يتم تنفيذه بعمل محلول على التشبع بالهواء فى مياه الصرف. الهواء الذى يخرج من هذه المحاليل. يكون فقاعات صغيرة جداً والتي تطفو مع الملوثات العالقة الموجودة فى مياه الصرف. تستخدم إنشاءات الطفو بالتفريغ لمعالجة مياه الصرف ذات التلوث القليل بحيث لايزيد المحتوى من الملوثات العالقة عن ٢٥٠ ملجم/لتر، وفائدته هو التنقية الجيدة والاستهلاك القليل جداً للطاقة. يستخدم الطفو بالضغط لأغراض كثيرة حيث أنه يمكن من تنظيم درجة التشبع الزائد للمحلول بالهواء طبقاً لدرجة الكفاءة المطلوبة للتنقية، مع تركيزات أولية من الملوثات حتى ٤-٥ جرام/لتر أو أكثر. التشبع بالهواء لمياه الصرف يحدث عند زيادة الضغط عن ٠,٣ - ٠,٥ ملبار (0.3-0.5 Mpa) لمدة ١-٣ دقيقة. الماء المشبع بالهواء يمر إلى خلية الطفو حيث تزال فقاعات الهواء مع الأجسام العالقة، حيث تتم الإزالة للطبقة الطافية بوسائل ميكانيكية بكشط الخبث إلى حوض جمع الخبث.

تحدد مساحة خلية الطفو على أساس الحمل الهيدروليكي من ٦-١٠ متر مكعب فى الساعة لكل متر مربع من المساحة السطحية للخلية. زمن الطفو ٢٠ دقيقة. الطفو خلال خلية الطفو يجب ألا يزيد عن ١٠٠٠ متر مكعب فى الساعة. يستخدم الطفو بالضغط لإزالة المواد البترولية، الزيوت والشحوم ومواد النشاط السطحي (Surfactants) من مياه الصرف. عند معالجة المياه ذات أقصى حجم حبيبات للملوثات ٠,٥ ميكرومتر بمعدل ١٣٠ متر مكعب فى الساعة فإن درجة التنقية تكون بالنسبة للمواد العالقة ٩٨%، للأكسجين الحيوى ٥٠%، للأكسجين الكيماوى ٧٥%.

طريقة الطفو الكهربى (Electroflotation) لمعالجة مياه الصرف تتم عن طريق نقل أجسام التلوث العالقة من السائل إلى سطحه فى فقاعات الغاز التى تتكون

بالتحلل الكهربى (Electrolysis) لمياه الصرف. أثناء عملية التحلل الكهربى يتصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود والأكسجين على الأنود. الدور الرئيسى فى طفو الحبيبات يتم بالفقاعات التى تكونت عند الكاثود. إستبدال لوح الكاثود الشبكى يقلل من حجم الحبيبات وبالتالي يزيد من كفاءة جهاز الطفو الكهربى. [ملحق (د) تكنولوجيا المعالجة الكهروكيميائية لمياه الصرف الصناعى].

فى إنشاءات الطفو بالترويب الكهربى وعند استخدام أقطاب مذابة (Electrocoagulation, Flotation) من الحديد أو الألومنيوم فإنه يحدث إذابة آنودية للمعدن عند الأنود، بما يترتب عليه دخول أيونات الحديد أو الألومنيوم إلى الماء حيث تتكون زغبات الإيدروكسيد. التكوين المتزامن من زغبات المروب وفقاعات الغازات يؤدى إلى الإلتصاق القوى بين فقاعات الغاز والزغبات مع الترويب الجيد للمروبات، وبذا تكون عملية الطفو جيدة. تستخدم تقنيات الطفو الكهروكيميائى فى معالجة مياه الصرف من مصانع تكرير البترول ومصانع الورق ولب الورق.

لزيادة كفاءة طرق التنقية بالطفو تضاف عوامل مساعدة خاصة إلى المياه التى يتم معالجتها وهى مواد التجميع (Collectors) والمواد المحدثه للرغاوى (Frothers)...الخ.

جزئيات مواد التجميع تتميز بوجود مجموعات إستقطاب (Polar Groups) التى تعمل على ربط جزئ مادة الربط مع سطح الجسم الهلامى والمجموعات غير أيونية (Non-Polar). مثال لمواد التجميع هى الأحماض الدهنية العالية وأملاحها وكذلك القلويات العضوية المحتوية على مجموعة هيدروكربون فى الكاتأيون وأملاحها. مثال للمواد المحدثه للرغاوى هو مواد النشاط السطحى (المنظفات) مثل...etc. (Alkyl - and Alkyl Aryl Sulphonates) يستخدم الطفو كذلك فى معالجة مياه الصرف من صناعات البويات واللاكيهات، وإزالة مواد السيانيد (Cyanides)

من مياه الصرف فى صناعة الكوك، وكذلك فى معالجة مياه الصرف فى مصانع إنتاج الصبغات.

ج- الإدمصاص: Adsorption

لقد زاد الاهتمام بإدخال نظم الإدمصاص لمعالجة مياه الصرف. من بين أهم الطرق لإزالة المواد العضوية الذائبة من مياه الصرف فى الصناعات الكيماوية والبتروكيماوية وصناعة الورق ولب الورق والأفرع الأخرى للصناعات الكيماوية هى الإدمصاص على حبيبات الكربون المنشط. يمكن عمل الإدمصاص مستقلاً أو مع المعالجة البيولوجية باستخدام بودة الفحم النشط. فوائد هذه الطريقة تشمل إمكانية إدمصاص مواد فى خليط متعدد المكونات وكذلك الكفاءة العالية فى تنقية مياه الصرف المخففة. طريقة الإدمصاص ذات كفاءة فى سحب المواد النقية فى التدوير وإعادة الاستخدام. فى حالة استخدام بودة الكربون المنشط فى وحدة المعالجة البيولوجية مباشرة فإنها تزيل المواد السامة بالإضافة إلى العمل على زيادة قدرة وحدة المعالجة. ملحق (و)

المعالجة بالإدمصاص لمياه الصرف تستخدم غالباً فى حالة مواد ومركبات أروماتية (Aromatics) فى مياه الصرف وكذلك المواد الغير أيونية أو التى تكون درجة تأينها ضعيفة والصبغات والمركبات من المواد الغير مشبعة وهى المواد الطاردة للمياه مثل تلك المحتوية على مجموعات كلورين أو مجموعات نيتروجينية (Nitro Group) وكذلك المركبات الأليفاتية (Aliphatic).

للكربون النشط من مختلف المصادر يعتبر عامل إدمصاص مؤثر. مسامية هذا الكربون هى ٦٠-٧٠%، المساحة السطحية لوحدة الوزن هى ٤٠٠-٩٠٠ متر مربع/الجرام. تتوقف خاصية الإدمصاص للكربون النشط إلى حد كبير على المكونات وحجم الفراغات وتوزيع المسام. يقاس نشاط الكربون النشط بكمية الملدة

التي تتمتع (Adsorbed) لوحدة الحجم وكتلة المادة الكربونية (مثال كجرام/متر مكعب ١، جرام/كيلو جرام).

الكربون النشط المستخدم في معالجة مياه الصرف يتم الحصول عليه من الخشب، اللجنين، أو من فحم البتومين ويكون عادة في شكل حبيبات أو في شكل بودرة. يكون حجم المسام والفتحات طبقاً لنوع الخام المستخدم وعملية التنشيط المستخدمة. عموماً الكربون المنشط المستخدم المنتج من فحم البتومين له كثافة أعلى من الأنواع الأخرى. تتوقف درجة الإدمصاص على نوع الكربون المستخدم ومكونات مياه الصرف. معظم المواد العضوية والمركبات العضوية الأولية تتمتع بواسطة الكربون المنشط بما يمكن من إزالة كثيراً من المواد السامة من مياه الصرف.

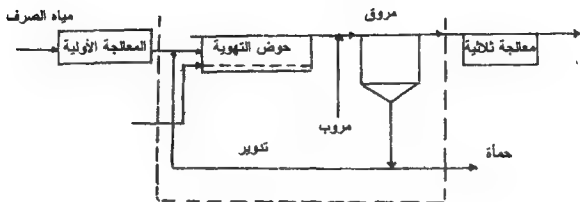
إدمصاص المواد العضوية على الكربون المنشط يعتمد على الخواص الطبيعية - الكيميائية مثل الوزن الجزيئي، الإذابة، التأمين (Polarity) ووضع المجموعات الدالة (Functional Groups) والشكل العام للتركيب الجزيئي - حيث المركبات ذات التسلسل المتشعب من ذرات الهيدروكربون تتمتع بسهولة أكثر من ذرات التسلسل المستقيم. الجزيئات ذات التأين المنخفض (Low Polarity) والإذابة المنخفضة تتمتع أسرع. عادة الكربون المنشط له قدرة كبيرة على الإدمصاص للمواد ذات الوزن الجزيئي العالي. إدمصاص المواد غير العضوية يختلف حيث كلوريد البوتاسيوم لا يتم إدمصاصه عملياً بالكربون المنشط بينما كلوريدات الزئبق والحديد تتمتع إلى حد كبير. معظم المركبات العضوية التي لا تتحلل بيولوجياً يمكن أن يتم إدمصاصها (تتمتع) على الكربون المنشط. هذه الطريقة تطبق على نطاق واسع في إزالة الألوان، المركبات العضوية، المبيدات، المركبات العضوية المهلجنة في مياه الصرف.

جدول يوضح كفاءة للكربون المنشط في إزالة بعض المواد العضوية من مياه الصرف:

نسبة الإزالة	النسبة في مياه الصرف ملجرام/لتر		الملوثات
	بعد المعالجة	قبل المعالجة	
٩٧,٣	٥٦٠	٢٠٤٥٠	رابع كلوريد الكربون
٩٩,٨	٠,٢	١٠٤	هكزا كلورو إيثان
٩٩,٤	أقل من ٣	٥٢٩	نفتالين
٨٣	أقل من ٣	١٨	2- Chloronaphthalene
٩٨,١	٢٧	١٤٣٠	كلوروفورم
٩٩,٩	٣	٢٣٦٠	تولوين

توجد أشكال مختلفة للمعالجة بالإدمصاص وكذلك أنواع مختلفة لأجهزة الإدمصاص. ويتم الاختيار طبقا لظروف التشغيل وطريقة المعالجة بالإدمصاص ووضع وحدة الإدمصاص ضمن مراحل التنقية ومكونات مياه الصرف ونوع وحجم وحدة الإدمصاص. لذلك يستفاد بمرشحات الحبيبات ذات قطر للحبيبات حوالي ٣,٥ ملمتر أو بوحدات ذات الطبقة السابحة (Fluidized Bed) حيث تكون طبقة كربون الإدمصاص بقطر من ٠,٥ إلى ١ ملمتر. في حالة التنقية المتقدمة لمياه الصرف واستعادتها لمياه تدوير للاستخدام يستفاد بجهاز بخلاط ومرشحات غسيل بها حبيبات نجم من ٠,١ ملمتر أو أقل. عادة إنشاءات الإدمصاص تكون في عدة مجموعات تعمل بالتوازي، كل مجموعة من ٣-٥ مرشحات موضوعين بالتتالي. للحصول على أقصى تشبع، توجد أشكال مختلفة لإدمصاص بالتدفق الموازي (أعلا وأسفل)، وحدة الإدمصاص ذات النبضات من الكربون المنشط (Pulsating). شكل (٤/٢).

ميزة الطبقة المتحركة هي إمكانية توفير القدرة على الإضافة المستمرة والتنشيط للكربون.



شكل (٤/٢) المعالجة الهوائية لمياه الصرف

المعالجة بالإدمصاص تكون بالتنشيط عند إعادة استخدام المواد التي تم إدمصاصها أو تكون بالتدمير عند عدم استخدامها.

في نظام التنشيط المادة الممتازة يمكن إستعادتها من سطح الكربون المنشط المستخدم بمذيب عضوى وتنشيطها وذلك بتقطير المادة الممتزة بالبخر (حيث يتم دفع البخار الحى خلال الكربون). للتخلص من المواد العضوية الممتزة يستفاد بتقطير مذيبات عضوية ذات درجة غليان منخفضة باستخدام البخار، مثل البنزين (C_6H_6) والبيوتيل أسيتيت، داي كلوروايثان...الخ. فى هولندا تضاف بودة الكربون المنشط مباشرة فى وحدة المعالجة البيولوجية.

عند معالجة مياه الصرف التي تحتوى على عدد من الملوثات فإن حبيبات الكربون المستخدمة يتم تنشيطها عادة بالطرق الحرارية أو بالأكسدة التي تتم فى محرقه متعددة المراحل. الأكسدة الرطبة بأكسجين الهواء الجوى تتم عادة لتنشيط بودة الكربون المنشط.

عند استخدام الطريقة الحرارية يجب ملاحظة أن الفقد فى الكربون المنشط قد يصل إلى ٥-١٠% لذلك فإنه فى كل دورة تنشيط نقل المساحة السطحية وبالتالي

تتخفّض قدرة الكربون المنشط. في حالة وجود معادن ثقيلة في مياه الصرف وتتم إدمصاصها على الكربون المنشط يكون من الضروري بعد التنشيط غسل حبيبات الكربون بحامض وذلك لإزالة المعادن المتبقية والمكونات المعدنية من سطح حبيبات الكربون وبالتالي زيادة نشاط الإدمصاص لحبيبات الكربون بالنسبة للمركبات العضوية.

الإدمصاص بحبيبات الكربون المنشط يمكن أن يزيل أكثر من ٩٠% من الملوثات من المركبات العضوية من معظم مياه الصرف وذلك طبقاً للبيانات التي يوضحها الجدول التالي.

جدول بيانات المعالجة لمياه الصرف من بعض الصناعات بالإدمصاص بالكربون المنشط

نوع الصناعة	إجمالي للكربون العضوى (TOC) والفينول ومؤشر اللون في مياه الصرف	نسبة الإزالة %	الكربون المستخدم رطل/١٠٠٠ جالون
الصناعات الغذائية	٢٥-٥٣٠٠ ملجرام/لتر	٩٠	٠,٨ - ٢٤٥
صناعة التبغ	١٠٣٠ ملجرام/لتر	٩٧	٥٨
صناعة النسيج	٩-٤٦٧٠ ملجرام/لتر	٩٣	٠,١ - ٨٣
صناعة الورق	١٠٠-٣٥٠٠ ملجرام/لتر	٩٠	٣,٢ - ٣٥٦
	١,٤ اللون	٩٤	٣,٧
الطباعة	١٤-١٧٠ ملجرام/لتر	٩٨	٤,٦-٤,٣
الصناعات الكيماوية	١٩-٧٥٥٠٠ ملجرام/لتر	٨٥	٠,٧ - ٢٩٠٥٠
	الفينول ٥٣٢٥٠-٠,١	٩٩	١,٧ - ١٨٥
	للون ٢٧٥-٠,٧	٩٨	١,٢ - ١٣٢٨
تقطير البترول	٣٦-٤٤٠٠ ملجرام/لتر	٩٢	١,١ - ١٤١
	الفينول ٧-٢٧٠ ملجرام/لتر	٩٩	٦-٢٤
المطاط والبلاستيك	١٢٠-٨٣٧٥ ملجرام/لتر	٩٥	٥,٢ - ١٦٤
الجلود	١١٥-٩٠٠ ملجرام/لتر	٩٥	٣-٣١٥
تشكيل المعادن	٧٣٠٠ ملجرام/لتر	٢٥	٦٠,٦
صناعة الزجاج والسيراميك	١٢-٨٣٠٠ ملجرام/لتر	٨٧	٢,٨ - ٣٠٠
استخلاص المعادن	١١-٢٣٠٠ ملجرام/لتر	٩٠	٠,٥ - ١٨٥٧

TOC = Total Organic Carbon

TOC = إجمالي الكربون العضوى

ونتيجة للأبحاث والتطوير الذى تم فى السنوات الأخيرة ظهر نوع آخر من مواد الإدمصاص الجديدة وذات الكفاءة العالية وهى الراتنجات ذات المسام الكبيرة (Macroporous) والتي لم يتم إستخدامها على نطاق واسع حيث يمكن إستخدامها فى إزالة المركبات العضوية وغير أيونية (Non-Polar) من مياه الصرف فقط، بينما يمكن التخلص من المركبات الأخرى بالطرق التقليدية (مثال ذلك المركبات العضوية فى راتنجات التبادل الأيوني). الراتنجات ذات المسام الكبيرة هذه هى إختيارية (Selective) بدرجة كبيرة حيث تستخدم للتخلص من مركب واحد أو من مركبات فى طبقة واحدة.

جدول (--) إزالة المواد العضوية السامة من مياه الصرف بالإدمصاص على راتنجات كبيرة

المسام:

المركب	مستوى الخليط فى الماء ملجرام/لتر		نسبة التنقية %
	قبل المعالجة	بعد المعالجة	
رابع كلوريد الكربون	٢٠٤٥٠	٤٩٠	٩٩,٦
الكلوروفورم	١٤٣٠	٣٥	٦٧,٥
النفثالين	٥٢٩	٣	٩٩,٤
كلوردان	٢١٧	٠,١	٩٩,٩٥
مركبات الهبتاكلور	٤٠	٠,٨	٩٨

قبل استخدام تكنولوجيا الإدمصاص هذه يلزم توفير بيانات عن المركب العضوى وعمل التحاليل. بعد عمل التحاليل الضرورية يمكن استخدام أعمدة بمواد إدمصاص جديدة للمعالجة المؤثرة والاقتصادية (سواء تم التنشيط بمذيب أو بدون التنشيط).

مواد الإدمصاص التى تم تناولها تستخدم فى المراحل الأخيرة لمياه الصرف هذا بالإضافة إلى مواد إدمصاص أخرى أقل تأثيراً وأكثر تكلفة مثل البنونيت المطور المبنى على الخامات الطبيعية والذي يمكن استخدامه فى إزالة الملوثات العضوية من المياه.

د- التبادل الأيوني: (Ion Exchange)

عملية معالجة مياه الصرف بالتبادل الأيوني تمكن من إستخلاص وإسترجاع المخلوط الثمين (مركبات الزرنيخ، الفوسفور، الكروم، الزنك، الرصاص، النحاس، الزئبق، ومعادن أخرى) بالإضافة إلى المواد المشعة. كما أنه يمكن كذلك تنقية مياه الصرف إلى أقصى تركيز مسموح به للاستخدام ثانياً في عمليات الإنتاج أو في التدوير لنظام الامداد بالمياه. التبادل الأيوني هو عملية تبادل بين الأيونات الموجودة في المحلول والأيونات الموجودة على سطح المادة الصلبة (المبادل الأيوني). المبادلات الأيونية المستخدمة هي مواد غير عضوية أو مواد عضوية طبيعية (مثل سيليكات الألومنيوم، مشتقات السيليلوز والمغنسيوم ومواد مخلقة Synthetic) من الراتنجات المستخدمة في التبادل الأيوني.

تنقسم المبادلات الأيونية طبقاً للشكل الخارجى إلى البودرة، الحبيبات، الشعيرات، طبقاً لدرجة المسامية إلى الجيلاتينية والممتلئة فسي المسامية (Isoporous) وكبيرة المسام.

وتنقسم المبادلات الأيونية طبقاً لنوع التبادل الأيوني إلى الآتى:

- المبادلات الكاتايونية قوية الحموضة والتي تحتوى على مجموعات السلفو (Sulpho Group) والمبادلات الآن أيونية قوية القلوية والتي تحتوى على قلوبات الأمونيوم الرباعية (Quarternary Ammonium Bases).
- المبادلات الكاتايونية ضعيفة الحموضة التى تحتوى على مجموعات الكربوكسل (COOH) والفينول والتي تتحلل عند رقم هيدروجينى أكبر من ٧، وكذلك المبادلات الآن أيونية ضعيفة القلوية والتي تحتوى على مجموعات الأمين الأولية (NH₂) ومجموعات الأمين الثانية (NH) والتي تتحلل عند رقم هيدروجينى أقل من ٧.

- المبادلات الأيونية ذات النوع المختلط، ذات خواص خليط من الأحماض القوية والضعيفة أو القلوية.

أهم الخواص للمبادلات الأيونية هي قوة إدمصاصها والتي تعرف بطاقة التبادل (Exchange Capacity). الطاقة الكاملة للمبادلات الأيونية هي العدد المكافئ من الأيونات بالجرام الموجودة في مياه الصرف والتي يمكن أن تمتص واحد متر مكعب من المبادل الأيوني إلى التشبع التام. طاقة التشغيل للمبادل الأيوني هو عدد المكافئ من الجرامات للأيونات في الماء والتي يمكن أن تمتص واحد متر مكعب من المبادل الأيوني قبل بدء دخول الأيونات الممتصة إلى المياه المرشحة (Filterate). في معالجة مياه الصرف تستخدم المبادلات الآن أيونية والكاتأيونية بالخواص التالية:

- المبادلات الآن أيونية ذات قطر حبيبات ٠,٢ إلى ٠,٨ ملليمتر وطاقة التبادل ٨٠٠ جرام مكافئ على المتر المكعب (SO_4^{--})، المبادلات الكاتأيونية ذات قطر الحبيبات ٠,١ - ١ ملليمتر وذات طاقة تبادل كاتأيون الهيدروجيني، الصوديوم ٨٠٠ جرام مكافئ/المتر المكعب. الظاهرة المميزة للمبادلات الأيونية هي تفاعلاتها العكسية، حيث يمكن أن يتم التفاعل في الاتجاه العكسي والذي هو أساس عمليات التنشيط. تتم عمليات التنشيط للمبادلات الكاتأيونية بالغسيل باستخدام الحامض (في حالة التبادل الكاتأيوني بالهيدروجين أو محلول كلوريد الصوديوم عندما يكون التبادل الكاتأيوني الصوديوم). تنشيط المبادلات الآن أيونية ضعيفة القلوية يتم بالترشيح باستخدام محلول بتركيز ٢-٤% من إيدروكسيد الصوديوم أو كربونات الصوديوم وإيدروكسيد الأمونيوم خلال طبقة من المبادل.

تتكون عملية التنشيط من ثلاث مراحل، وهى تفكك طبقة التبادل الأيونى، عملية التنشيط ثم غسيل المبادل الأيونى من نواتج التنشيط والزائد من المواد التى استخدمت فى التنشيط.

كفاءة عامة ونظراً لأن مياه الصرف تحتوى على عدة كاتأيونات لذلك يجب الإهتمام نحو الإدمصاص الإختياري أو التفضيلى لإدمصاص تلك الكاتأيونات. فكل نوع من الكاتأيونات يتم تصميم سلسلة المبادلات الكاتأيونية على أساس طاقة إستبدالهم. نفس القاعدة تنطبق على المبادلات الآن أيونية. فى حالة المركبات العضوية فإنه ليست فقط الخاصية ولكن كذلك صفة الإدمصاص للمبادلات الأيونية التى تعتبر هامة، وهى تتوقف على القوى السطحية للتفاعل الداخلى للجزيئات.

تتم عملية المعالجة بالتبادل الأيونى لمياه الصرف إما فى جهاز مرحلى ومتقطع (Intermittent) أو بجهاز مستمر. عند تنقية المياه الملوثة بالمواد العالقة تستخدم أعمدة (Columns) المبادل الأيونى ذات الطبقة العائمة (Fluidized Bed) للمبادل الأيونى. طريقة التبادل الأيونى تستخدم فى معالجة مياه الصرف فى الصناعات الكيماوية والبتروولية والميتاليرجيه، وفى صناعة منتجات الكوك وأفرع الصناعات الأخرى. متوسط تكاليف التشغيل للمعالجة بالتبادل الأيونى للمتر المكعب بالدولار الأمريكى هو حوالى ٠,٠٧ دولار. وتزداد التكاليف فى حالة زيادة تركيز الملوثات.

من الصعب إستخدام التبادل الأيونى لمعالجة المياه ذات المحتوى العالى من الاملاح وذلك بسبب التكاليف المرتفعة لتنشيط المبادلات الأيونية بالإضافة إلى مشاكل الاستخدام المناسب للمحاليل المركزة بالاملاح التى تكون ناتج هذه الحالة.

فى معالجة مياه الغسيل والمياه السطحية ذات المحتوى المنخفض من الملوثات المعدنية فى الصناعات الكيماوية، المحتوية على مواد عالقة صلبة ومخاليط معينة

مذابة للمنتجات التكنولوجية، فإن الطريقة المتفق عليها عالمياً هي المعروفة بالطريقة المزدوجة التي تتكون من المعالجة الميكانيكية والتبادل الأيوني، وذلك بترشيح المياه ثم تمريرها خلال مبادل كاتأيوني قوى، وجهاز إزالة الكربون (Decarbonizer) ومبادل أن أيوني قلوي قليلاً أو متوسط. بذلك تنتج مياه ذات محتوى من الأملاح يمكن إعادة استخدامها أو تدويرها في نظام الامداد بالمياه.

التبادل الأيوني لإزالة الملوثات العضوية:

تستخدم المعالجة بالتبادل الأيوني لتنظيف مياه الصرف الكيماوية من الملوثات العضوية. مثال لذلك هو المعالجة بالتبادل الأيوني لإزالة خليط من الأنيلين والكلورامين من مصنع الكلورامين. يتم إضافة حامض الهيدروكلوريك إلى مياه الصرف غير المعالجة ثم الترشيح لفصل المواد العالقة التي ترسب أثناء عملية إضافة الحامض ثم يلي ذلك دفع المياه إلى سلسلة متعاقبة من أعمدة التبادل الأيوني ذات إرتفاع كلي لطبقة التبادل الكاتأيوني بما لا يقل عن ٣ متر. عادة يستخدم عامودين للعمل في التبادل الأيوني بينما عامود واحد يتم تنشيطه بمحلول الأمونيا - الميثانول. بعد التنشيط يتم غسيل المبادل الكاتأيوني للتحويل إلى شكل الهيدروجين وذلك باستخدام ٨-١٠% محلول حامض الهيدروكلوريك. للمياه المعالجة لها تفاعل حامضي قليل ويجب معادلته بمحلول الجير المطفئ قبل الصرف. محلول التنشيط يتم تقطيره في برج التقطير والأمينات (Amines) المنتجة في العملية يتم إعادة استخدامها.

يوجد الفينول في مياه الصرف لصناعة البلاستيك، البويات، اللاكيهات، والفينول المخلوق في كيماء-الكوك، وفي الصناعات البترولية وبعض الصناعات الأخرى بتركيز من ٠,٤ - ٣٠ جرام/لتر. كمية الفينول في مياه الصرف التي يتم معالجتها بيولوجياً يجب ألا تزيد عن ٢٥٠ ملجرام/لتر. تستخدم طريقة التبادل

الأيوني لإزالة الفينول من مياه الصرف. لاستخلاص الفينول، الكريزول، ريزورسينول، الإيثيل فينول والهيدروكينون تستخدم المبادلات الأيونية المبنية على مواد المتصاوص من Vinylpyridine, Otherpyridine (2, 3 or 4 - Containing Sorbents) المحتوية على مادة البيريدين. يتم إستخلاص المادة الممتصة باستخدام المذيبات، الماء الساخن أو البخار.

تم تطوير أنواع خاصة من المبادلات الأيونية لإزالة الزئبق من مياه الصرف. لهذا الغرض إستخدم مبادلات الحامض الضعيف مع الفينول بمجموعات الكربوكسيل فى شكل الصوديوم. مياه الصرف المحتوية على المادة المعقدة من الكلوريد - الزئبق تعالج بمبادل أن أيوني ضعيف القلوية فى شكل الكالسيوم مع محتوى متبقى من الزئبق لايزيد عن ٠,٠١٥ ملجرام/لتر. يتم تنشيط المبادل الآن أيوني بمحلول أيدروكسيد الصوديوم المحتوى على السيانيد. مستوى التنشيط ٩٧%.

فى السويد، الولايات المتحدة، اليابان، المملكة المتحدة ودول أخرى حيث المنشآت الصناعية التى تعمل لمعالجة مياه الصرف المحتوية على أشكال مختلفة من الزئبق بكميات حتى ٢٠٠٠ ملجرام/لتر. الجزء الكبير من الزئبق حتى المتبقى ٣,٠-٠,٣ ملجرام/لتر يتم بعامل مساعد، بينما مرحلة التلميع تستخدم فيها مرشحات التبادل الأيونى حيث يستخدم Sulphydril Cation Exchangers Based on Ployvinylthiol And Organic And Natural Organic Sorbits وفى ألمانيا قبل المعالجة بالتبادل الأيونى تتم المعالجة لمياه الصرف بترسيب الزئبق فى شكل (HgS) مع الترشيح التالى خلال وسط ترشيحي من الرمل أو الكربون المنشط. مياه الصرف بعد معالجتها تتم معالجتها فى مرشحات التبادل الأيونى بالراتجات. أقل متبقى لتركيز أيونات الزئبق (Hg^{++}) فى مياه الصرف هو ٠,٠٥ - ٠,٥ ملجرام/لتر. بالنسبة لتنشيط المبادلات الأيونية واستعادة الزئبق فإنه جارى البحث

لإستعادة الزئبق من مياه صرف مصانع إنتاج الصودا الكاوية والكلور باستخدام الزئبق، استخدام قلوئى قوى مثل (Vinyl Pyridine) كمبادل أن أيونى وذلك لتتقيصة مياه الصرف إلى محتوى متبقى حتى ٠,٠٠٥ ملجرام/لتر أو أقل.

لقد تم تطوير مادة إمتصاص جديدة (Amino Sulphide) والتي لها قوة إمتصاص عالية وإنقاء لأيونات الزئبق حيث يتم استخلاصه من المحاليل ذات المحتوى المعقد من الكيماويات فى وجود الكلور النشط.

٦- الطرق الكيماوية لمعالجة مياه الصرف من الصناعات الكيماوية:

الطرق الكيماوية الرئيسية لمعالجة مياه الصرف الصناعى هى:

- التعادل Neutralization.

- الأكسدة Oxidation (وهذه تشمل عمليات كهروكيماوية).

- الأكسدة والاختزال Oxidation And Reduction.

يمكن عمل المعالجة الكيماوية قبل تدوير مياه الصرف أو الصرف على شبكة الصرف الصحى. كما أن المعالجة الكيماوية تستخدم كمعالجة أولية قبل المعالجة البيولوجية أو المعالجة الطبيعية (استخدام المصافى والترسيب). الإستخدام الآخر للمعالجة الكيماوية هو كوسيلة لمعالجة مياه الصرف الصناعى بإتقان لغرض التطهير، إزالة اللون أو إستخلاص وإستعادة أنواع من المكونات.

أ- التعادل وإزالة المعادن الثقيلة Neutralization

معظم مياه الصرف الحامضية تحتوى على أملاح المعادن الثقيلة التى يجب إزالتها. يتم معادلة كلا من المياه الحامضية والقلوية الخارجة من عمليات الانتاج كمياء صرف وذلك لمنع حدوث التآكل فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى

وكذلك لعدم إتلاف المعالجة البيولوجية، هذا بالإضافة إلى ترسيب المعادن الثقيلة من مياه الصرف.

تشمل أيونات المعادن الثقيلة فى مياه الصرف الصناعى أيونات الزرنيخ، الكاديوم، النيكل، النحاس، الرصاص والكروم. فى حالة المعادن فى مياه الصرف فى شكل مركبات غير عضوية فإنه يتم فصلها كراسب باستخدام لبن الجير $Ca(OH)_2$ أو الصودا الكاوية (Na OH). فى بعض الحالات تكون المعالجة أكثر كفاءة بالترسيب المزدوج باستخدام $Fe(OH)_3$ ، $Al(OH)_3$ أو بالترسيب ككبريتيد (Sulphides) وكبريتات (Sulphates). بعض المعادن تتطلب الأكسدة المسبقة أو الإختزال المسبق لتصبح فى الشكل القابل للترسيب، نتائج ترسيب أيونات المعادن الثقيلة من مياه الصرف موضحة فى الجدول التالى.

المعادن الثقيلة	عملية الإزالة والقيود	مستوى المعالجة المعالجة ملجرام/لتر
الزرنيخ	ترسيب الكبريتيد (رقم هيدروجينى ٦-٧)	٠,٠٥
	إدماص الفحم المنشط، مستويات منخفضة	٠,٠٦
الباريوم	ترسيب مشترك $Fe(OH)_3$	٠,٠٥
الكاديوم	ترسيب كبريتات الباريوم	٠,٥
	$Cd(OH)_2$ ، (عند رقم هيدروجينى ١٠)	٠,١
	$Fe(OH)_3$ ، ترسيب مزدوج عند رقم هيدروجينى ٨,٥	٠,٠٥
النحاس	$Cu(OH)_2$ الترسيب عند رقم هيدروجينى ٩-١٠,٣	٠,٢
	$Fe(OH)_3$ ، ترسيب مزدوج عند رقم هيدروجينى ١٠	٠,٣
الرصاص	$Pb(OH)_2$ ، الترسيب عند رقم هيدروجينى ١٠	٠,٥
	$Pb(OH)_3$ ، الترسيب عند رقم هيدروجينى ٨-٩	٠,٠٠١
الزنبق	$Fe(OH)_3$ ، $Al(OH)_3$ الترسيب المشترك يضاف Na_2S	٠,١
النيكل	$Ni(OH)_2$ ، الترسيب عند رقم هيدروجينى ١٠	٠,١٥
السيلينيوم	ترسيب الكبريتيد عند رقم هيدروجينى ٦,٥	٠,٠٥
الزنك	$Zn(OH)_2$ ، الترسيب عند رقم هيدروجينى ٨,٥	٠,٠٥

وجود بعض المواد في مياه الصرف يعيق إزالة المعادن الثقيلة بما يجعل من المعالجة المسبقة أمر ضروري. فمثلا السيانيد والأمونيا تكون مجموعات مع المعادن الثقيلة بما يعيق ترسيبها. لذلك يتم أولاً إزالة السيانيد بالكلورة القلوية (Alkaline Chlorination) أو الأكسدة باستخدام (H_2O_2) والأمونيا بالغسيل باستخدام البخار (Stripping)، الكلورة أو التبادل الأيوني.

يجب إختزال الكروم السداسي إلى الكروم الثلاثي التكافؤ قبل عملية الترسيب بالجير المطفى، يستخدم عادة للإختزال كبريتات الحديد أو ثاني أكسيد الكبريت أو (Soduirn Metabisulphate). البديل من وسائل إزالة المعادن الثقيلة من مياه الصرف تشمل التبادل الأيوني، الإدمصاص بالكربون المنشط المستخدم لإزالة أيونات معادن ثقيلة معينة (مثال Hg^{++} , Cr^{+6}) ومجموعات عضوية للمعدن.

جدول كفاءة الإزالة للمعادن الثقيلة باستخدام تقنيات مختلفة:

المعدن	التقنية	نسبة الإزالة
الزرنخ (الخماسي)	الترسيب بالجير المطفى، الشبه أو الحديد	$< 90\%$
	الألومنيوم المنشط	$< 95\%$
	التبادل الأيوني أو التناضح العكسي	$> 90\%$
	الترسيب بالجير - رقم هيدروجيني ١١	$> 95\%$
الباريوم	التبادل الأيوني	$< 90\%$
	التناضح العكسي	$< 95\%$
	الترسيب بالجير	$< 90\%$
	التبادل الأيوني أو التناضح العكسي	$< 90\%$
الكروم الثلاثي	الترسيب بالجير	$< 90\%$
	الترويب بالشبه أو الحديد	$90 - 98\%$
	التبادل الأيوني	$> 90\%$
	التناضح العكسي	$< 90\%$

المعدن	التقنية	نسبة الإزالة
النحاس	الترسيب بالجير	< ٩٠%
	التبادل الأيوني	> ٩٥%
	التناضح العكسي	< ٩٥%
	الترويب بالشبه	< ٥٠%
الكروم السداسي	الترويب بالحديد	< ٩٠%
	التبادل الأيوني	> ٩٠%
	التناضح العكسي	< ٩٠%
	الترويب بالشبه أو الحديد	< ٩٥%
الرصا ص	الترسيب بالجير	< ٩٧%
	التبادل الأيوني أو التناضح العكسي	> ٩٥%
	التبادل بالجير (pH > 10,0)	> ٩٠%
	حبيبات الفحم المنشط	< ٩٥%
الزنابق	التناضح العكسي	> ٨٥%
	الترسيب بالجير والترشيح	٨٨ - ٩٨%
	الترسيب بالجير	> ٥٠%
	الومي نا منشطة	< ٩٥%
النيكل	التناضح العكسي	٧٥ - ٩٥%
	الترسيب بالجير	< ٩٩%
	التبادل الأيوني	< ٩٩%
	الترويب بالشبه أو الحديد	< ٩٥%
سيلينيوم رباعى	التبادل الأيوني	< ٩٩%
	الترويب بالشبه أو الحديد	< ٩٥%
	التناضح العكسي	< ٩٩%
	الترويب بالشبه أو الحديد	< ٩٥%
الزنك	التبادل الأيوني	< ٩٩%
	الترويب بالشبه أو الحديد	< ٩٥%
	التناضح العكسي	< ٩٩%
	الترويب بالشبه أو الحديد	< ٩٥%

ب- إزالة النيتروجين من مياه الصرف:

يوجد النيتروجين فى مياه الصرف فى شكل الأمونيا، أملاح الأمونيا، النترات. يزال النيتروجين بطريقة التجريد (Stripping) فى حالة الأمونيا وأملاح الأمونيا أما فى حالة النترات فتكون الإزالة بطريقة التبادل الأيوني، التحليل الكهربى (Electrolysis) وتقنيات أخرى بما فيها الطرق البيولوجية.

عملية التجريد أو خروج الأمونيا من مياه الصرف تبني على أساس تحليل إيدروكسيد الأمونيا في مجال مائي عالي القلوية (حيث تضاف الصودا الكاوية أو لبن الجير Ca(OH)_2 لرفع الرقم الهيدروجيني إلى ١٠,٥ - ١١) عندئذ يتكون غاز النشادر طبقاً للمعادلة،



وهذا الغاز يمكن طرده مع الهواء الجوى. فى الاتحاد السوفيتى تتم إزالة ٩٠% من الأمونيا فى أبراج إزالة الغازات (Degasifier) ذات الحشو الخشبي أو فى أبراج التبريد. أما فى أمريكا فإن عملية تجريد مياه الصرف من الأمونيا تتم فى أبراج التبريد حيث تكون كفاءة الإزالة بنسبة ٥٠ - ٩٠% وذلك طبقاً للظروف ذلك لأن التكاليف تكون أعلا بنسبة ٣٠% مقارنة بطريقة إزالة الأمونيا بالطرق البيولوجية.

لإزالة النيتروجين فى شكل الأمونيا، يكون المناسب عملياً استخدام مرشحات التبادل الأيوني، بما فيها الترشيح خلال الزيوليت الطبيعى حيث يمكن إزالة من ٩٠-٩٥% فى شكل الأمونيوم. مرشحات الزيوليت يتم تنشيطها من آن إلى آخر باستخدام إيدروكسيد الصوديوم أو ملح الطعام عند رقم هيدروجينى مرتفع، ثم الغسيل بالماء. كذلك يمكن تجريد مياه الصرف من الأمونيا فى شكل كبريتات الأمونيا بعد التعادل باستخدام حامض كبريتيك. استخدام مرشحات الزيوليت تمكن من الإزالة الجيدة للنيتروجين من مياه الصرف ولكن تكاليف المعالجة تزيد بنسبة ٥٥% مقارنة بالمعالجة البيولوجية.

يمكن إزالة الأمونيا من مياه الصرف بالكورة حيث تتأكسد إلى غاز النيتروجين، حيث كذلك المونو والداى كلورامين والذى يتطلب كمية كبيرة من الكلور والذى تصل نسبته إلى الأمونيا ٨ - ١٠:١ وذلك لخفض تكون

الكلورامين. يتم المحافظة على الرقم الهيدروجيني عند ٧ وذلك لخفض تكون النترات والنترأى كلوريد. فى حالة توفر هذه الظروف فإن إزالة النيتروجين تكون ما بين ٩٠ - ١٠٠%.

ج- إزالة الفوسفور من مياه الصرف:

المنظفات الصناعية هى المصدر الرئيسى للفوسفور فى مياه الصرف. من بين الطرق المختلفة لإزالة الفوسفور المعالجة البيولوجية هى الأكثر تأثيراً حيث تتم فى أحواض التهوية. بعد التعامل فى أحواض التهوية وأحواض الترسيب الثانوية، فإنه يمكن إزالة الفوسفور المتبقى بالمعالجة بالمواد الكيماوية من أملاح كبريتات الألومنيوم، الحديد، الكالسيوم. عند استخدام كبريتات الألومنيوم للإزالة الكيماوية / البيولوجية للفوسفور فإن كمية المادة الكيماوية المستخدمة تكون بنسبة الومنيوم ١,٥ إلى ١ من الفوسفور مع رقم هيدروجيني ما بين ٥.٥ - ٦. يمكن عندئذ خفض المحتوى من الفوسفور إلى ٠,٣ - ٠,٧ ملجرام/لتر. خاصية السربوب لكبريتات الألومنيوم توفر معالجة جيدة، كما يمكن أن تتم العملية بعد المعالجة البيولوجية وقبل الترسيب فى أحواض الترسيب الثانوية.

كما أن استخدام كبريتات الحديد يعتبر على الكفاءة لإزالة مركبات الفوسفور من مياه الصرف حيث تكون نسبة الحديد إلى الفوسفور هى ٢:٥ وعند أقصى رقم هيدروجيني ٥. نظراً لأن المعالجة البيولوجية تتم فى المجال المتعادل عند رقم هيدروجيني ٧، فقد تتكون رواسب هلامية عند استخدام هاتين الطريقتين معاً، يمكن السربوب باستخدام البلمرات. يمكن ترسيب أملاح الفوسفات باستخدام لبن الجير (Lime) فى شكل الهيدروكسى أبائيت (Hydroxy Apatite) عند رقم هيدروجيني ٩-١٠.

د- الأكسدة Oxidation

تستخدم الأكسدة لمعالجة مياه الصرف الصناعي المحتوية على ملوثات سامة مثل السيانيد أو المحتوية على مركبات عضوية مذابة والتي لا تتأكسد بالطرق البيولوجية.

للتخلص من المواد السامة بالأكسدة فإن مواد الأكسدة الأكثر استخداماً هي برمنجنات البوتاسيوم والأوزون و ثاني أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) وطبقاً لمادة الأكسدة المستخدمة و التركيب الكيماوي للملوثات العضوية فإن الأكسدة يمكن أن تكون تامة (إلى ثاني أكسيد الكربون والماء) أو قد تتوقف عند مرحلة متوسطة حيث في هذه الحالة تستخدم الأكسدة كمعالجة مسبقة لتحويل المركبات العضوية لتكون قابلة للأكسدة البيولوجية (Biodegradable).

الأكسدة الكهروكيميائية مناسبة للاستخدام في معالجة الملوثات العضوية وغير العضوية المركزة حيث يكون حجم مياه الصرف المعالج قليلاً. التحلل الكهربى (Electrolysis) أثناء عملية الأكسدة الأنودية تسبب تكسير المواد العضوية حتى تتكون نواتج أكسدة نهائية أو وسيطة (أحماض عضوية، ثاني أكسيد الكربون والماء). لذلك فإنه يوصى باستخدامها في معالجة مياه الصرف المحتوية على مواد الصبغات وكذلك للمعالجة المسبقة لأنواع معينة من الصرف وهذه الطريقة تستخدم في موقع محطة معالجة المصانع الكيماوية ومصانع البتروكيماويات والورق وللب الورق والمصانع الأخرى حيث تحتوى مياه الصرف بها على الفينولات والسيانيدات، المركبات النيتروجينية، السلفيد، الأمينات، الكيتونز، الكحولات المعدنية وصبغات الأزو.

(Phenols, Cyanides, Nitrous Compounds, Sulphides, Amines, Ketones, Aldehydes, spirits, and Azodyes)

تكنولوجيا التحليل الكهربى مناسبة في حالة الأحجام الصغيرة لمياه الصرف.

٧- تكنولوجيا الغشاء لمعالجة مياه الصرف: (Membrane Technology) ملحق (ز)

التقنية الواعدة للمعالجة الدقيقة لمياه الصرف هي تكنولوجيا الغشاء، والتي تحقق الفصل الجيد للمواد المختلطة. تستخدم تكنولوجيا الغشاء لمعالجة مياه الصرف التي تحتوى على مواد ذات نشاط إشعاعى أو مواد ذات نشاط بيولوجى. وهي تستخدم فى الصناعات الكيماوية كمعالجة إضافية أو تكميلية للبخار المكثف ولمعالجة وتركيز المحاليل ومياه الصرف.

فى قلب معدات الفصل الغشائى توجد الأغشية الشبه نفاذة (Semi-permeable Membrane) والتي تحدد بدرجة كبيرة الظواهر التكنولوجية والخواص الفنية وخواص التشغيل للمعدة.

الغشاء الشبه نفاذ عبارة عن حاجز (شبه مسامى) له خواص النقل التفضيلى (Selective) لمكونات معينة لخليط السائل أو الغاز. تصنع هذه الأغشية الشبه نفاذة من عدة بلمرات مختلفة ومن مواد الزجاج والسيراميك. أهم خاصية يلزم توفيرها فى الغشاء الشبه نفاذ هي القدرة العالية على الفصل للمكونات، النفاذية العالية لتحقيق أقصى إنتاج، المقاومة العالية للتحلل بالبخار، الثبات خلال فترة زمنية طويلة، القوة الميكانيكية لمقاومة الإنشاء، والنقل والتخزين والثبات الحرارى وإنخفاض التكاليف.

تستخدم البلمرات الآتية فى معالجة مياه الصرف الصناعى:

مشتقات السيليلوز (Mono, Di, Tri Acetate)، البولى أميد (Poly Amides)،
(Laromatics)، (Co-Poly Amides) (Pol Amide - Hydrazides)، (Polytetra)
(Flouro Ethylene)، (Poly Olefines)، (Polyimides). تتوقف عملية الفصل الغشائى على خواص الغشاء، تدفق السائل، القوة الدافعة.

القوة المسببة لعمليات الفصل الغشائى هى الفرق فى الضغط الهيدروستاتيكي، التركيزات المختلفة للمواد، الفرق فى فرق الجهد. تنقسم تقنيات الفصل الغشائى إلى الأنواع الآتية:

- الميكروفلتر (Microfiltration):

حيث يستخدم الغشاء لفصل المحاليل الهلامية والعالقة تحت الضغط.

- الترشيح الفائق (Ultra Filtration):

حيث يستخدم الغشاء لفصل المخلوطين فى السائل تحت الضغط، المبنى على الوزن الجزيئى أو الحجم بين المكونات.

- التناضح العكسى (Reverse Osmosis):

يستخدم الغشاء لفصل المحاليل السائلة بواسطة إختراق المذيب للغشاء شبه نافذ تحت الضغط الذى يزيد عن الضغط الأسموزى.

- الديليزة الكهربائية (Electrodialysis):

حيث تسمح التقنية بأيونات المادة المذابة (Solute) خلال الغشاء وتحت تأثير المجال الكهربى.

الميكروفلتر (Microfiltration):

فى الميكروفلتر يستخدم غشاء بحجم المسام من 0.1 - 1 ميكرومتر. القوى الدافعة هى الضغط الهيدروستاتيكي (ما بين 0.1 إلى 0.1 MPa). المرشحات تكون فى خرطوشة عبارة عن نظام أفقى متطابق أو الأكثر استخداما مرشح ضغط مركب على إطار وخاصة فى الاستخدامات الصناعية. يستخدم الميكروفلتر على نطاق واسع لفصل المواد العالقة والمستحلبه (Suspension and Emulsions) لتنقية مياه الصرف والحصول على محاليل معقمة. عادة يلى عملية الميكروفلتر الترشيح الفائق (Ultrafiltration) والتناضح العكسى حيث يكون الميكروفلتر عملية تحضيرية.

الترشيح الفائق: (Ultrafiltration)

يستخدم الترشيح الفائق أغشية لفصل المحاليل ذات الضغط الأسموزي المنخفض- حيث يستخدم لفصل المواد ذات الوزن الجزيئي المرتفع وكذلك العالقة والهلامية، وهو مرتبط بفصل وتقطير وتركيز المحاليل. القوة الدافعة هي الضغط الهيدروستاتيكي (مابين ٠,١ - ١ MPa). يستخدم لذلك أغشية ذات تركيب ميكروني غير متشابه ويتراوح قطر المسام ما بين ١ إلى ١٠ ملليمكرون.

أحد الاستخدامات الصناعية الهامة للترشيح الفائق هو لفصل مستحلبات الزيت والماء. مياه الصرف ذات المحتوى الأولى من تركيز الزيت ٥ - ١٠ ملجرام/لتر تفصل بمعدات الغشاء إلى المرشح والمركز. المرشح (Filterate) بتركيز الزيت حتى ٤٠ ملجرام/لتر يعود ثانياً إلى إمدادات المياه أو يعاد تنقيته، المركز (Concentrate) بتركيز ٤٠-٥٠ ملجرام/لتر من الزيت يعود إلى المرحلة الثانية لفصل الزيت أو يتم حرقه. نظراً للترشيح السطحي وقوة مواد الغشاء، فإن الترشيح الفائق يمكنه فصل المحاليل بدون فقد وإنتاج سائل مرشح نظيف.

عادة يستخدم الترشيح الفائق لإزالة المواد الشعرية (Fibrous) والحبيبات (Particles) من السائل المرشح بعد مروره خلال المرشحات من الشعيرات أو من الحبيبات في نظم التبادل الأيوني والإدماصاص.

مجال الاستخدام للترشيح الفائق ينمو باضطراد نظراً للقدرة على استخلاص مكونات ثمينة من مياه الصرف والتي يصعب أو يستحيل إزالتها.

أغشية السيليلوز أسيتيت والبولي أميد الأروماتية هي المستخدمة على نطاق واسع (Cellulose Acetate And Aromatic Polyamide) أغشية مشتقات السيليلوز مقاومتها ضعيفة للأحماض والقلويات، تعمل جيداً في مجال رقم هيدروجيني من ٤,٥ - ٥. العمر الافتراضي للسيليلوز أسيتيت يتحول إلى النصف عند رقم

هيدروجيني ٦. أغشية السيليلوز أسيتيت لاتقاوم المذيبات العضوية والمواد النشطة التي تسبب إنتفاخها. بالإضافة إلى العلاقة ما بين الجزيئي، حجم الحبيبات، قطر المسام فإن إنتقاء الغشاء (Membrane Selectivity) يتأثر بالتفاعل بين المادة المذابة ومادة الغشاء. لذلك فإن الملوثات البترولية يمكن إزالتها من مياه الصرف بالترشيح الفائق عند طرد جزيئات الكربوهيدريت غير المحب للماء (Hydrophobic) بواسطة أغشية السيليلوز أسيتيت الأيونية والمحبة للماء (Hydrophilic, Polar) بمسام أكبر من حجم الجزيئات للمواد المطرودة.

تكنولوجيا الفصل على المستوى الصناعي بالأغشية الشبه نفاذة تستخدم تجهيزات غشاء من عدة أشكال من حيث المعدات التي تحمل عملية الفصل الغشائي. طبقاً لتنظيم الأغشية فإن النماذج (Modules) للفصل بالترشيح الفائق وكذلك التناضح العكسي تنقسم إلى أربع أنواع رئيسية وهي:

- مرشح الضغط بالإطار المستوى (Flat Frame Filter Press).

- الأنبوبي (Tubular).

- اللفائف الجيلاتينية (Jelly - Roll).

- الشعيرة الجوفاء (Hollow - Fibre).

تصميمات وحدة الغشاء (Membrane Module) يمكن تصنيفه حسب توزيع تدفق السائل المعالج، ضغط التشغيل، الاستثمارات، وتكاليف التشغيل.

الاستخدام الرئيسي للترشيح الفائق هو لإزالة المنتجات البترولية المستحلبة والزيوت من مياه الصرف، لتركيز المسطبات الزيتية فى مختلف الصناعات ولتركيز مياه الصرف من صناعة تبييض الورق ولب الورق. وكذلك لإستعادة الكيماويات من محلول الصرف فى عمليات دباغة الجلود، لفصل وتنقية وتركيز

مكونات مختلفة فى صناعات الميكروبيولوجى، الصناعات الدوائية والصناعات الأخرى.

يستخدم الترشيح الفائق لإزالة الحبيبات الهلامية من المحاليل المائية قبل التناضح العكسى، الديليزة الكهربائية والتبادل الأيونى، وكذلك لتنقية المياه بعد التبادل الأيونى. وهذا يوفر سلسلة تكنولوجية عالية الكفاءة حيث الإمداد بالمياه المقفلة (Closed Water System) مع إستعادة المنتجات الثمينة فى العملية الصناعية فى الشكل المركز.

من بين تجهيزات الترشيح الفائق توجد التجهيزة على الإطار المستوى حيث عناصر الغشاء المستطيلة والتي تصل مساحتها إلى ٢٨,٥ متر مربع. تستخدم التجهيزات لتركيز المحاليل المخمرة أو لتنقية مياه الصرف المحتوية على المواد العضوية ذات الوزن الجزيئى العالى. كما تستخدم لإزالة المواد العضوية ذات الحبيبات المتناهية فى الصغر (هاليدات الفضة، الخماثر، الجيلاتين... الخ) من مياه الصرف لصناعة أفلام التصوير التى تحتوى على الفضة. تزود التجهيزة بمرشحات فائقة أنبوبية محتوية على أغشية من الفلوروبلاست (Flouroplast) بمسطح ترشيحى كلى ١٢٠ متر مربع. معدل إسترجاع الفضة (هاليدات الفضة) وبعض المواد العالقة الأخرى هو ١٠٠%. فى وحدة ترشيح فائق تجريبية بطاقة ٥ متر مكعب فى الساعة استخدمت لإزالة الفلوروبنزين (Flouro Benzene). الترشيح الفائق يتطلب طاقة صغيرة جداً وله عدة مميزات عن باقى الطرق. فمثلا التنقية بالترشيح الفائق ذات كفاءة أعلا من الترويب الكهربى (Electro-Coagulation)، حيث يزال ٤٠-٧٠% من المواد العضوية مقابل ٥٠-٦٠% باستخدام الترويب الكهربى، ٧٠-٩٠% من هلاميات أملاح الحديد ويحجز ٩٩,٩% من الحبيبات الميكرونية أكبر من ٠,٥ ملليمكرون.

التناضح العكسي (Reverse Osmosis):

التناضح العكسي هو عملية مستمرة لفصل الجزيئات من المحاليل بالترشيح تحت الضغط خلال غشاء شبه نفاذ والذي يحجز كل أو بعض الجزيئات أو الأيونات للمادة المذابة للفصل الجيد فإن ضغط التشغيل يجب أن يكون ما بين ١،٠ - ٢ MPa فوق الضغط الأوسموزي للمادة الملحية المذابة لتركيزات ملحية من ٥ - ١٠ MPa لتركيزات ملحية أعلا من ٢٠ - ٣٠ جرام/لتر.

الميزة الواضحة للتناضح العكسي عن كل طرق المعالجة هو أنه يزيل فوراً الملوثات العضوية والغير عضوية، وهذا له أهمية عملية في نظم تدوير المياه. التناضح العكسي يمكنه إنتاج مياه عالية النقاء، نظراً لأن الأغشية يمكن أن تحجز كل المواد المذابة المعدنية والعضوية والمواد العالقة بما فيها الفيروسات والبكتيريا وجميع الكائنات الحية الصغيرة من جميع الأنواع. تستخدم هذه التقنية على نطاق واسع لمعالجة المياه في الاستخدامات الصناعية.

الأغشية المستخدمة في التناضح العكسي يجب أن توفر المتطلبات الآتية:

- مسامية ذات قوة عالية وتفضيلية (انتقائية).
- القدرة على تحمل التغيرات الكبيرة في الضغط على كلا جانبي الغشاء.
- القدرة على مقاومة التغيرات في درجات الحرارة.

تختلف مواد الصنع للغشاء وكذلك التصميمات لأجهزة التناضح العكسي. الأغشية الشائعة الاستخدام هي أغشية أسياتات السيليلوز ذات الطبقة المستوية (Flat-Film)، أغشية البولي أميد ذات الشعيرة الجوفاء (Hollow-Fibre). أسياتات السيليلوز المستخدمة في الإتحاد السوفيتي (روسيا الاتحادية) لها الخواص التالية:

المسامية الكلية ٧٥%، النفاذية للماء عند (5 MPa) ١٥٠ - ٥٠٠ لتر/المتر المربع/اليوم نسبة الحجز للأملاح ٨٠-٩٥%.

تركيز ومكونات المحلول والرقم الهيدروجيني كليهما له تأثير على عملية الفصل في التناضح العكسي. التغيرات في التركيز تؤثر على الضغط الأسموزي، والذي بالتالي يحدد القوة المؤثرة لسير العملية وإنتاجية الغشاء. استخدام أنواع مختلفة من نماذج الأغشية في أجهزة الضغط الأسموزي (مثل الطبقة المستوية، الأنبوبية، الشعيرة الجوفاء، اللفاف الجيلاتينية تسمح بالاستخدام الجيد للتناضح العكسي على المستوى الصناعي.

يتميز التناضح العكسي عن كل تقنيات المعالجة لمياه الصرف من الصناعات الكيماوية حيث يستخدم عادة لتركيز مياه الصرف المحتوية على المذيبات العضوية، مياه غسيل السيليلوز، سائل السلفيد، كذلك إستعادة الفضة، كربونات الصوديوم، كبريتات الصوديوم، حامض الفوسفوريك، من مياه الغسيل في عدة مصانع كيماوية. لقد إستخدم التناضح العكسي في الصناعات الكيماوية لإزالة الملوحة من مياه الصرف، مثل أملاح الصوديوم، الزنك، النحاس، الألومنيوم، الأحماض والقلويات. الإتجاه إلى إعذاب المياه المالحة بالتناضح العكسي يرجع إلى بساطة الجهاز المستخدم، طاقة التشغيل الصغيرة، التكاليف الرأسمالية المنخفضة نسبياً. مقارنة للتكاليف الرأسمالية وتكاليف التشغيل لإعذاب المياه في الولايات المتحدة بالطرق المختلفة كما يأتي حيث التكاليف بالدولار للتر في اليوم.

التكاليف	التقطير الحراري	الدليزة الكهربائية	التناضح العكسي
وحدة التكاليف الرأسمالية	٠,٣٣ - ٠,٥٨	٠,١٣ - ٠,٢	٠,٠٩ - ٠,٢٤
وحدة تكاليف التشغيل	٠,٧٧ - ٠,٧٩	٠,١٧ - ٠,٣٢	٠,٢٤ - ٠,٣٣

الديليزة الكهربائية: (Electrodialysis)

الديليزة الكهربائية هي عملية فصل أيونات المادة الأيونية المذابة. يتم الفصل في جهاز الغشاء تحت تأثير تيار كهربى ثابت. الاستخدام الرئيسى لهذه الطريقة فى معالجة مياه الصرف فى الصناعات الكيماوية هو لتنقية مياه الصرف عالية التركيز بالأملاح.

فى الديليزة الكهربائية تستخدم أغشية تبادل أيونى (على قاعدة من البى فى سى (PVC) أو من البولى سلفونيت (Polysulphonates)، أو من البولى إيثيلين فى شكل طبقات من البلمرات متجانسة أو ذات مسام ميكرونية (Microporous). القوة الدافعة للعملية هى الفرق فى الجهد الكهربى. تصنع الأغشية كمسطح مستطيل مرن أو فى شكل لفائف جيلاتينية من البوليمر الثيرموبلاستيك كقاعدة (أساس) وبودرة راتنج تبادل أيونى.

أغشية الديليزة الكهربائية يمكن تقسيمها حسب أنواع الأيونات التى تنقلها إلى كاتايونية، أن أيونية، مزدوجة القطبية (Dipolar) والتى تتكون من طبقات كاتايونية وأن أيونية ومختلطة (Amphoteric) أى تحتوى على مجموعات قلوية وحامضية.

جهاز الديليزة الكهربائية يعمل بتبادل أغشية كاتايونية وأن أيونية لتكوين فراغات ملحية وغير ملحية (مخففة). كثيرا جدا من هذه الفراغات تعمل بالتوازى (١٠٠-٢٠٠). حاليا يوجد نوعين من أجهزة الديليزة الكهربائية وهما الأجهزة المدمجة والمتشعبة فى مصفوفات. الطاقة ما بين ١-٢٥ متر مكعب فى الساعة. الاختلاف بينهما هو فى إتجاه محور المجال الكهربى (أفقى فى أحد الحالات، عمودى فى الأخرى). عمليا كل أجهزة الديليزة الكهربائية تستخدم أقطاب (Electrodes). التصميمات التكنولوجية لإنشاء أجهزة الديليزة الكهربائية هى عموما من نوعين وهما: - ذات التدفق المستمر.

- والتدوير حيث تعود بعض المياه التي لم يتم إزالة ملوحتها تماماً إلى الجهاز للمعالجة مع المياه الداخلية الخام.

إختيار التصميم يتوقف على عدة معايير منها طاقة الانتاج، المحتوى من الأملاح، مكونات المياه المعالجة. فمثلاً في حالة زيادة الصرف عن ٣٠٠ - ٥٠٠ متر مكعب في الساعة يستخدم تصميم التدفق المستمر. أقصى تركيز للأملاح يكون من ٣ - ٨ جرام/لتر. أجهزة الدليزة الكهربائية مؤثرة جداً في معالجة كميات صغيرة من مياه الصرف ذات التلوث العالي.

استخدمت الدليزة الكهربائية لمعالجة مياه الصرف من مختلف المصانع الكيماوية. فعند ٤ فولت، ٠,١ إلى ٠,٤ أمبير يمكن لهذه الأجهزة إزالة الأملاح بنسبة ٩٨,٥% وكذلك الإزالة للملوثات العضوية بنسبة ٨٠,٦% في نفس الوقت. هذه العملية يمكن أن تعيد ١٣٥,١ × ١٠^٢ متر مكعب من المياه النقية في العام إلى دورة التصنيع (من مياه الصرف وكذلك إستعادة ثلاث آلاف طن من كبريتات الصوديوم كسلة للبيع).

بالإضافة إلى معالجة مياه الصرف الصناعي بالطرق السابقة فإنه تستخدم طرق أخرى مثل التبخير (Evaporation)، البلورة (Crystalization)، الاستخلاص باستخدام المذيبات العضوية (وذلك عندما تحتوي مياه الصرف على كميات كبيرة من المواد العضوية المذابة ذات القيمة الثمينة)، التقطير والتنقية للملوثات المذابة باستخدام تجريدها بالبخار أو الهواء.

٨- الطرق البيولوجية لمعالجة مياه الصرف:

تستخدم المعالجة البيولوجية لإزالة الملوثات العضوية من مياه الصرف الصناعي. المعالجة البيولوجية التقليدية هي الأكثر تأثيراً من ناحية كفاءة إزالة الملوثات العضوية وكذلك من الناحية الاقتصادية وذلك عند تطابق مستوى المحتوى

من الملوثات فى الماء مع معايير الصرف الصناعى على شبكة الصرف الصحى طبقاً لقانون البيئة ٩٤/٤. الطرق البيولوجية بعد المعالجة المسبقة والمعالجة الأولية توفر التنقية التامة لمياه الصرف حيث يمكن إزالة حتى ٩٠% من الاكسجين الحيوى المستهلك (BOD_5). تعتمد هذه الطريقة على قرة الكائنات الحية الدقيقة فى التغذية على المواد العضوية فى مياه الصرف وتحويلها إلى ثانى أكسيد الكربون وبعض نواتج الأكسدة الأخرى الغير ضارة. يتوقف تأثير المعالجة البيولوجية على عدة عوامل، بعضها يمكن التحكم فيه وبعضها يصعب التحكم فيه مثل مكونات مياه الصرف الصحى.

العوامل الرئيسية التى تحدد طاقة المعالجة ودرجة التنقية لمياه الصرف تشمل درجة الحرارة، نشاط التفاعل، المحتوى من العناصر البيولوجية، المحتوى من الأكسجين، التأثيرات السامة من بعض الملوثات العضوية وغير العضوية. أفضل درجة حرارة للمعالجة البيولوجية هى ما بين ٢٠ - ٣٠°م عندما تكون باقى العوامل مناسبة، كما يجب أن يكون المحتوى من الكائنات الحية الدقيقة بحالة جيدة وبالقدر المناسب، كما أن الرقم الهيدروجينى عامل حاسم فى تكاثر ونمو الكائنات الدقيقة. تكون المعالجة البيولوجية مؤثرة جداً فى حالة الرقم الهيدروجينى لسانل الصرف ما بين ٥-٩، كما أن الرقم الهيدروجينى من ٦,٥ - ٧,٥ هو الأفضل. أما فى حالة وجود الرقم الهيدروجينى ودرجة الحرارة فى غير القيم المسموح بها والمناسبة، فإنه يجب ضبطهما فى مياه الصرف عند معالجتها بالطرق البيولوجية.

لتوفير تكون مادة الخلية للكائنات الدقيقة وبالتالي لتوفير المعالجة المؤثرة لمياه الصرف، فإن المجال يجب أن يحتوى على التركيزات المناسبة من المواد الغذائية الرئيسية وهى للكاربون العضوى فى شكل (BOD)، النيتروجين والفوسفور، كما أن العناصر الأخرى (مثل المنجنيز، النحاس، الزنك، الكالسيوم، الصوديوم... الخ) تكون موجودة عادة فى مياه الصرف (كما فى حالة المياه الطبيعية) بكميات كافية لتحقيق متطلبات تكاثر ونمو البكتريا. ولكن عادة لا يوجد ما يكفى من النيتروجين

والفوسفور (كما فى حالة مياه الصرف من الصناعات البترولية) حيث تضاف هذه المواد فى شكل سوپر فوسفيت (Super Phosphate)، أورثوفوسفيت (Orthophosphate)، أورثو حامض الفوسفوريك، كبريتات الأمونيا، نترات الأمونيا أو كلوريد الأمونيا أو اليوريا.

فى النظام البيولوجى الهوائى حيث الامداد بالهواء (أو بالأكسجين النقى أو بالهواء الغنى بالأكسجين) يجب أن يؤكد الوجود المستمر للأكسجين المذاب فى مياه الصرف (الخليط) بما لا يقل عن ٢ جزء فى المليون. المواد العضوية والمواد غير العضوية يمكن أن يكون لها تأثير سام على العمليات البيولوجية بما يعيق نمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة أو قتلها. معظم المواد لها تأثير حسب مستويات تركيزها فى الخليط الجارى معالجته. أحد أهم التحديات هو تحديد أقصى تركيز مسموح به (MPC - Maximum Permissible Concentration) لمركبات كيماوية منفردة وتعيين تأثيرات مواد الخليط الموجودة فى مياه الصرف الجارى معالجتها. المقصود بأقصى تركيز مسموح به (1MPC) هو أقصى تركيز للمواد السامة فى المياه حيث لا يشكل عدم كفاءة التشغيل للنظام البيولوجى، كما لا يحدث أى رغاوى ولا يحدث تغيير فى إذابة الأكسجين، والذى فى حالة زيادته يحدث تأثيرات سلبية على الأكسدة البيولوجية ونمو الخلايا.

المواد غير العضوية ذات أدنى تركيز هي:

- إيثيل الرصاص الرباعى (Tetra Ethyllead) بتركيز ٠,٠٠١ ملجرام/لتر.
- مركبات البريليوم، التيتانيوم، الزنبق، الكروم السداسى، ثانى أكسيد الكربون (٠,٠١ ملجرام/لتر)، مركبات البورون (٠,٠٥ ملجرام/لتر).

أقل المواد سمية هى أملاح الصوديوم، الليثيوم والمغنسيوم والتي ليس لها تأثير عند وجودها فى الماء حتى مستويات ١٠ جرام/لتر.

المواد العضوية ذات مستوى منخفض نسبيا بالنسبة لأقصى تركيز مسموح به تركيزها فى الخليط الجارى معالجته. أحد أهم التحديات هو تحديد أقصى تركيز

تتغير تركيزاتها طبقاً لظروف التشغيل في محطة المعالجة وخاصة عند تركيز الحمأة.

معظم المواد العضوية يمكن أن تتأكسد هوائياً بمساعدة الكائنات الحية الصغيرة. وهذه العملية تتوقف على توافق النظام البيولوجي، حيث أن الكائنات الدقيقة المستخدمة في المعالجة غالباً لا تتعامل فوراً مع أنواع جديدة من الملوثات الصناعية وخاصة إذا اختلفت كثيراً في مكوناتها عن تلك الطبيعة. يوجد عدد كبير من المواد التي يمكن اعتبارها لا تتأكسد بيولوجياً عند معالجة مياه الصرف، ولكن هذا لا يعني أن الأكسدة البيولوجية مستحيلة كلية حيث عادة يمكن أن تحدث الأكسدة البيولوجية ولكن بمعدل بطيء جداً بما يتطلب فترة تأقلم طويلة، ولكن عملياً لا تحدث الأكسدة البيولوجية في ظروف التشغيل العادية في محطة المعالجة.

المواد التي تتأكسد بيولوجياً والمركبات العضوية التي تقاوم الأكسدة هي كالآتي:

المواد العضوية التي تقاوم الأكسدة البيولوجية	المواد العضوية التي تتأكسد بيولوجياً*
<ul style="list-style-type: none"> Ethers Ethylene Chlorohydrin Isoprene Methyl Vinyl Ketone Morpholin Polymers Polypropyl Benzene Sulphonates Tertiary Aliphatic Alcohols, Sulphonates Trichlorophenols Other Hydrocarbons (Aliphatic, Aromatic, Alkyl - Aryl groups) Aromatic Compounds with three and More Substituents 	<ul style="list-style-type: none"> Acrylic Acid Aliphatic Acids Aliphatic Alcohols Normal, Iso, Secondary Aliphatic Aldehydes Alkyl Benzene Sulphonates (Partially) Aromatic Amines Dichlorophenols Ethanol Amines Glycols, Ketones Methylacrylic Acid Monochlorophenols, Phenoles, Nitrites. Primary Aliphatic Amines. Styrene Vinyl Acetate Aromatic Hydrocarbons with one or two Substituents

* بعض هذه المواد يتحلل بيولوجياً فقط بعد فترة زمنية طويلة من التأقلم.

تم عمل دراسات بحثية كثيرة لتقييم المعالجة البيولوجية طبقاً للتركيب الكيماوى للمادة. فقد وجد أن، كمثال - الكحوليات الأولية (Primary Alcohols) تتأكسد بسهولة أكثر من الكحولات الثنائية، الكحولات الثنائية (Secondary Alcohols) أكثر سهولة عن الثلاثية (Tertiary). كما وجد أنه كلما زادت درجة التشعب (Branching) للسلسلة الكربونية، كلما زادت المقاومة للأكسدة البيولوجية. كلما زادت عدد ذرات الكلور فى الجزيئ كلما إنخفضت سرعة الأكسدة وكلما زادت السمية للمركب. لهذا، فإن المركبات ذات ذرات من الكلور حتى ذرتين يمكن إزالتها من مياه الصرف بالمعالجة البيولوجية وعند وجود ذرتين كلور حتى أربع ذرات من الكلور فى الجزيئ فإن الأكسدة البيولوجية يجب أن يسبقها معالجة بالكربون المنشط. المركبات التى بها أكثر من أربع ذرات من الكلور عادة ليست قابله للتحلل البيولوجى كما يجب معالجتها بالكربون المنشط. بالنسبة للمعالجة البيولوجية توجد كذلك صعوبة المشكلة فى تحديد مكونات المواد الوسيطة والمنتجات النهائية الناتجة عن الأكسدة البيولوجية للمواد العضوية. نظراً لأن الأكسدة فى محطات المعالجة ليست دائماً تامة (إلى ثانى أكسيد الكربون والماء)، حيث تظهر مواد فى الماء بعد المعالجة البيولوجية والتي لم تكن موجودة فى الماء قبل المعالجة، وهذه المواد قد تكون أحيانا أكثر سمية عن الملوثات الأصلية قبل أكسبتها. لذلك يجب عمل الدراسات والأبحاث فى هذا المجال لتعيين تأثيرات المعالجة البيولوجية على سمية المياه.

أحد الطرق الواعدة والمؤثرة هو استخدام الكائنات الدقيقة القادرة على تحليل المواد العضوية السامة والتي يصعب تحليلها بيولوجيا عند معالجة مياه الصرف عالية التركيز. مياه الصرف الصناعى يمكن أن تعالج بيولوجيا فى ظروف طبيعية أو صناعية. طريقة المعالجة بالتربة حيث الخليط المعقد من المواد العضوية وغير العضوية مع عدد كبير من الكائنات الحية الدقيقة ذلك لأن التربة لها القدرة على

تحويل مياه الصرف إلى الحالة الغير ضارة. معالجة التربة تستخدم بنسبة قليلة جدا مقارنة بالطريقة الصناعية للمعالجة البيولوجية، حيث يمكن معالجة مياه الصرف الصحي والصرف الصناعي بالترشيح خلال التربة. تستخدم هذه التقنية على نطاق واسع في معالجة مياه الصرف والتخلص منها في مصانع تكرير البترول في الولايات المتحدة وكندا وأوروبا الغربية.

يعتمد الترشيح في التربة على العمليات الديناميكية، الطبيعية، الكيماوية والبيولوجية التي تحدث في التربة وتسبب التحلل لمكونات مياه الصرف وتحويلها إلى مواد غير ضارة. معالجة التربة لمياه الصرف تشمل الأنواع الآتية:

- مساحات سطحية من الأرض للترشيح.

- آبار ترشيح.

- حفر ترشيح مع طبقة من التربة.

في طريقة ترشيح التربة تعالج المواد العضوية بيولوجيا، المواد المتطايرة تتطلق في الهواء. ولكن هذه الطريقة تخضع لقوانين حماية البيئة حيث يلزم المعالجة المسبقة لها.

بالنسبة للمعالجة الصناعية والتي يقصد بها المعالجة البيولوجية والتي إما أن تكون هوائية أو غير هوائية، فإنها تزيل حتى ٩٥% من الملوثات العضوية (BOD) الموجودة في مياه الصرف.

الخواص الفنية للعمليات الرئيسية المستخدمة في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف موضحة في الجدول التالي.

جدول الخواص التكنولوجية لمعالجات البيوولوجية الرئيسية:

الخاصة	نسبة الإزالة %	الأكسجين الحيوي في الماء ملغم/لتر	كثافة الكائنات الدقيقة ملغم/لتر	الوقت بالمتر	زمن التعت بالأيام	عملية المعالجة
منح ارتفاع الحمأة	٩٥ - ٨٥	٣٠٠٠ - ١٠٠٠	٦٠٠٠ - ٢٠٠٠	٤,٩ - ٣,٧	٧ - ٠,٥	المعالجة الهوائية: الحمأة النشطة
---	٩٥ - ٨٥	٣٠٠٠ - ١٠٠٠	١٠٠٠ - ٣٠٠	٤,٩ - ٣,٧	١٠ - ١	التغوية الممتدة
التحويل ٢-٠,٥ كجم/م من BOD/م ³ /اليوم	٩٠ - ٨٠	٥٠٠ - ٥٠	---	---	---	للحلمس اللوار (المرشح البيولوجي المعمور)
التحويل ٨-١,٦ كجم/م من BOD/م ³ /اليوم	٦٠ - ٥٠	٣٠٠٠ - ٥٠٠	---	٩,١ - ٤,٦	---	المرشح الزلطي
خلف جيد	٧٠ - ٥٠	٧٥٠ - ٥٠	---	٤,٩ - ٢,٤	٣ - ٠,٥	الأحواض العمود
خلف سطحي	٩٠ - ٨٠	٢٥٠ - ٥٠	١٠٠ - ٥٠	٤,٩ - ٢,٤	١٠ - ٣	أحواض عمود مختطة Facultative
التحويل ٤,٥-١,٦ كجم/م من BOD/م ³ /اليوم	٩٠ - ٧٠	١٠٠٠٠ - ١٥٠٠	١٢٠٠٠-٥٠٠٠	---	٣٠ - ١,٥	المعالجة اللاهوائية للمفاعل اللاهوائي
التحويل ٤٤٨-٢٣ كجم/م من BOD/م ³ /اليوم	٨٠ - ٥٠	٢٠٠٠ - ٥٠٠	٧٥	٤,٦ - ٢,٤	٥٠ - ٥	الترك اللاهوائية
التحويل ٥,٦-٢,٥ كجم/م من BOD/م ³ /اليوم	٩٠ - ٧٠	٢٥٠ - ٥٠	٧٥	٢,٤ - ٠,٩	٥٠ - ٧	الترك المختطة Facultative

إختيار مخطط المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعي يتوقف على الحجم الكلى لمياه الصرف المطلوب معالجتها والمحتوى والتركيز للملوثات ومدى سميتها.

١- المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة: (Activated Sludge)

المعالجة بالحماة المنشطة فى الأحواض المبهواه أصبحت أكثر العمليات إستخداما فى معالجة مياه الصرف فى المصانع الكيمائية. الحماة (Sludge) التى تعمل على تحلل المركبات العضوية فى مياه الصرف بالطريقة البيولوجية - الكيمائية (Bochemically) هى خليط معقد من الكائنات الحية الدقيقة (كتل مروبة من البكتريا وكائنات دقيقة بسيطة... الخ).

توجد عدة أشكال لعملية الحماة المنشطة. المعالجة. عموما تحدث فى أحواض تهوية والتى تختلف فى الشكل والترتيب وطريقة تنشيط الحماة وعدد المراحل وخصائص أخرى، حيث الكتلة البيولوجية (Biomass) المنشطة أو البكتريا التى تطفو حرة (أو تكون عالقة) فى الماء تؤكسد الوسط المحيط بها. هذا النظام جزء حساس فى المعدة لإمداد الأكسجين إلى السائل، المحافظة على استمرار الحماة عالقة وكذلك إستمرار الخلط للمياه الداخلية مع الحماة. فى معظم التصميمات يشمل نظام التهوية كل هذه المهام ويؤديها فى وقت واحد، ولكن فى حالة الأحواض التى يتم إمدادها بالأكسجين الصناعى والذى يتم حقنه بدلا من الهواء الجوى فإن الخلط بالقلابات الميكانيكية يكون مستقلا عن نظام الإمداد بالأكسجين.

بعد حوض التهوية يتم توجيه تدفقات الصرف إلى المروق حيث ترسب الحماة الشكل (٤/٢). معظم الحماة يعاد تدويرها ليتم خلطها مع المياه الخام الداخلة إلى حوض التهوية، والباقى يتم التخلص منه. عملية المعالجة بالحماة المنشطة يمكن أن تكون دورية أو متقطعة.

يوجد نوعين من نظم التهوية التي تستخدم عادة في المعالجة بالحماة المنشطة وهما الهوائى والميكانيكى: فى النظام الهوائى يدفع الهواء إلى الحوض تحت الضغط وينتشر على ألواح المرشح، أو المواسير أو ما شابه ذلك. أما فى حالة النظام الميكانيكى فإنه يتم السحب السطحى للهواء. نظام ونوع جهاز التهوية يتوقف على حجم ومكونات مياه الصرف وديناميكا التفاعلات للأكسدة البيولوجية للمواد العضوية. سرعة الأكسدة للمواد العضوية تتناسب عكسيا مع تركيز المياه كما أنها تقل مع أكسدة المواد العضوية وزيادة زمن المكث فى حوض التهوية. بالنسبة للأداء الجيد للمعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة، فإنه يجب أن يكون للحماة الخاصية الحيوية - كما يجب أن ترسب بسهولة. خاصية الترسيب تتوقف على قدرة البكتريا على تكوين تكتلات مع الزغبات (Flocs) أو الحماة (Sludge)، أو كتل ذات أشكال مختلفة وقوام مختلف محاطة بطبقة هلامية. ضعف الترسيب يكون أحيانا مرتبط بنمو البكتريا العسوية، وبالتالي ضعف نوعية المعالجة. زيادة البكتريا العسوية يمكن أن ينتج عنه ما يعرف بانتفاخ الحماة (Sludge Bulking) (أى تكوين راسب منتفخ عسوى والذى يصعب إزالته). يمكن أن يحدث ذلك عند حدوث عدة تغيرات فى ظروف التشغيل ومكونات المواد العضوية.

البكتريا العسوية تنمو عندما يكون الأكسجين المذاب منخفض، كذلك عندما يكون الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) منخفض. البكتريا العسوية لها طاقة معالجة عالية وتستهلك كميات محددة من الأكسجين والمواد العضوية. على الجانب الآخر فإن التراكبات الهلامية لحماة البكتريا تتكون مع حمل عالى من الملوثات وكذلك المحتوى العالى من الأكسجين المذاب، على خلاف البكتريا العسوية فإنه يمكنها أكسدة المركبات العضوية المعقدة.

انتشر حديثا فى المعالجة البيولوجية استخدام أحواض التهوية بالخلط الكامل حيث الجمع بالتهوية بالهواء المضغوط من قاع حوض التهوية مع التقليب

الميكانيكى باستخدام جهاز التهوية. فى هذا النظام يحدث تدوير جيد لخليط الحمأة ومياه الصرف بما يحقق كفاءة معالجة عالية. معالجة مياه الصرف المخففة وسريعة الأكسدة فى الأحواض سريعة الخلط قد يؤدى إلى إنتفاخ الحمأة (بسبب إنخفاض BOD والمحتوى من الأكسجين المذاب فى مياه الصرف). فى مثل هذه الحالة يفضل استخدام المفاعل النباض (Pulsed Reactor) حيث يدخل كلا من الهواء والماء من القاع، كما يمكن تجنب إنتفاخ الحمأة كذلك باستخدام حوض خلط صغير قبل حوض التهوية، حيث يكون زمن المكث عشرة دقائق فى حوض الخلط هذا، عندئذ لا يحدث إنتفاخ للحمأة حتى فى حالة إنخفاض الحمل العضوى (٠,١ ملجرام BOD / ملجرام مواد صلبة متطايرة).

مع زيادة تركيز المتدفقات المحتوية على كيماويات عضوية معقدة، يكون من المفضل إستخدام الأحواض ذات التهوية المختلطة الكاملة والتي هى أفضل فى أكسدة الملوثات وكذلك فى عدم حدوث الانتفاخ للحمأة. فى حالة التركيز العالى لمياه الصرف يمكن حمل بعض الكتل البكتيرية من المروقات كحبيبات منتشرة، هذا بالإضافة إلى أن إنخفاض درجة الحرارة وكذلك التركيزات العالية للمواد غير العضوية المذابة يعيق المعالجة الكاملة. وفى مثل هذه الحالات يجب إضافة مادة ترويب إلى مياه الصرف عند خروجها من حوض التهوية وقبل دخولها إلى حوض الترسيب أو تمريرها مباشرة إلى مروق المفاعل البيولوجى، وذلك لإمكان ترسيب هذه الملوثات.

المعالجة بالحمأة المنشطة يمكن أن تزيل ملوثات عضوية معينة بكفاءة تزيد عن ٩٥%، وخفض الملوثات العضوية المذابة إلى أقل من ١٠-١٥ ملجرام BOD فى اللتر، إجمالى المواد العضوية BOD (الأكسجين الحيوى المستهلك) بما فيها المواد الصلبة العالقة إلى أقل من ٣٠ ملجرام/لتر. هذه الطريقة مناسبة عندما يكون المطلوب نوعية عالية من المعالجة، وذلك عند محدودية المساحات من الأراضي

لمنشآت المعالجة وعند زيادة معدل التدفق لمياه الصرف عن ٣٧٥,٥ متر مكعب في اليوم. سلبيات هذه الطريقة تشمل الحاجة إلى الاشراف الدقيق لعملية المعالجة، الحساسية للسمية، الصدمات الهيدروليكية، الحاجة إلى التصرف في الحمأة الزائدة. الملوثات في مياه الصرف التي يمكن أن تكون قابلة للتحلل البيولوجي بنسبة ٩٥% تشمل مركبات عضوية مثل:

‘Benzidine, 2,4 Dinitrobenzene, 2,4 Dichlorobenzene ‘Nitrobenzene
‘Phenanthrene ‘Pentachlorophenol ‘Phenol ‘Acrylonitrile ‘Acrolein
.Naphthalene

الملوثات التي يمكن التخلص منها (بالتجريد - Stripping) أثناء التهوية تشمل:
Bezene, 1,2 Dichlorobenzene ‘Ethyl Benzene ‘Di, Tri, Tetrachlorome-
thane.

بعض المركبات المتطايرة يمكن إزالتها كلية (حتى ٩٥%) من مياه الصرف بالتجريد بالهوائي فقط وهذه تشمل:

1,2 Dichloroethane ‘1, 1, 1-Trichloroethylene ‘Trichloroethylene,
Tetrachloroethylene ‘1,2 Dichloropropane.

عند وجود هذه الملوثات في مياه الصرف بتركيزات كبيرة فإن إزالتها من حوض التهوية يمكن أن يسبب مشاكل تلوث نتيجة إنطلاقها في الجو.

ب- التهوية الممتدة: Extended Aeration

التهوية الممتدة هي كذلك معالجة بالحمأة المنشطة ولكن تختلف عن العملية التقليدية في زيادة طول زمن المكث في حوض التهوية (من ١٢ إلى ٢٤ ساعة، أحيانا من ١-٣ يوم). التهوية الممتدة يمكن أن تخفض الحمل العضوي (BOD) إلى أقل من ١٠ ملجرام/لتر. بعد المعالجة يلزم ترويق الصرف بالترويب أو الترشيح. مميزات التهوية الممتدة هي سهولة التشغيل وعدم الحساسية لصدمات التحميل،

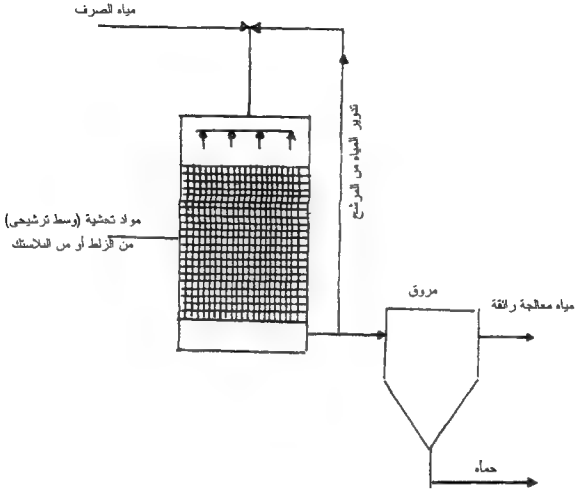
وسهولة الإدارة والمتابعة. تستخدم أحواض التهوية الممتدة أساسا للتدفقات الصغيرة من مياه الصرف (حتى ١٠٠٠ متر مكعب في روسيا، حتى ٣٧٨٥ متر مكعب في أمريكا).

ج- المرشحات البيولوجية: (Trickling Filters or Biological Filter)

لقد زاد استخدام المرشحات البيولوجية شكل (٤/٣) في معالجة مياه الصرف الصناعي لمواجهة مشاكل الطاقة حيث يستخدم الوسط الترشيحي من الزلط، الحشو البلاستيك، أو الفخار المنقّب، أو خبث المعادن، والذي يغطى بطبقة من الكائنات الدقيقة الهوائية. تتحدد طاقة المرشح البيولوجي (المرشح الزلطي أو عالي التحميل) أساسا بالمساحة السطحية المغطاة بطبقة بيولوجية وقدرتها على الالتصاق بالأكسجين الحيوى. المرشحات الزلطية (البيولوجية) تعمل على خفض تركيز الملوثات بنسبة ٦٠-٨٥% من الحمل العضوى (BOD)، المرشحات الزلطية عالية التحميل تستخدم في معالجة مياه الصرف عالية التركيز بنسبة ٥٠-٦٠%.

المعالجة بالمرشحات البيولوجية تكون نتيجة عمليتين متوازيتين وهما:

إزالة الملوثات بالالتصاق والإمصاص على طبقة البكتريا الملتصقة بسطح حبيبات الوسط الترشيحي بقطر ٤٠ - ٨٠ ملليمتر يعتبر مناسب جدا. المرشحات الزلطية القديمة استخدمت قطع أحجار بقطر ٦٤-١٠٢ ملليمتر فى طبقة الوسط الترشيحي بعمق ٩،٠-٢،٤ متر، وهذه لاتحقق كفاءة جيدة ولكنها تحسن من التهوية والتصاق الهواء مع الطبقة البيولوجية. ولكن الكفاءة العالية للمرشحات أمكن تحقيقها باستخدام الوسط الترشيحي من البلاستيك حيث أمكن الوصول إلى عمق حتى ١٢ متر، ومعالجة مياه الصرف ذات التركيز العالي من الملوثات وعند تحميل هيدروليكي عالى حتى ١٦٣ لتر/المتر المربع فى الدقيقة.



شكل (٤/٣) المرشح البيولوجي

رغم أن المعالجة بالمرشحات البيولوجية لا تزيد كفاءتها عن ٨٥% من الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD)، إلا أنها سهلة وغير مكلفة فى التشغيل وتتطلب طاقة أقل نسبة إلى المعالجة بالحماة المنشطة. تعتبر المعالجة بالمرشحات البيولوجية مناسبة جدا للمعالجة المسبقة (المعالجة غير التامة) لمياه الصرف، أو كمرحلة أولى فى معالجة مياه الصرف عالية التركيز. لمنع العفن على سطح المرشح عند معالجة مياه الصرف عالية التركيز يستخدم التدوير (Recycling)، حيث يعود جزء من مياه الصرف المعالجة لتخفيف تدفقات مياه الصرف الخام الداخلة للمعالجة، كما أن التدوير يزيد من كفاءة تجهيزات المعالجة.

د- الملامسات البيولوجية الدوارة: (Rotating Biological Contactors)

من بين معدات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف، الملامسات البيولوجية الدوارة (المعروفة كذلك بالمرشحات البيولوجية المغمورة أو الأقراص البيولوجية). وهذه توضع في موقع متوسط ما بين أحواض التهوية والمرشحات البيولوجية، حيث زاد إستخدامها أخيراً. هذه التجهيزات ذات تشغيل إقتصادي جداً، وهي تحقق نفس كفاءة المعالجة مثل عملية الحماة المنشطة، ولكن حاجتها إلى الطاقة وإلى الإشراف أقل.

تتكون الملامسات البيولوجية الدوارة من عامود إدارة دوار يحمل أقراص بلاستيك ضخمة مغمورة إلى ما بين ثلث إلى نصف قطرها في حوض مياه الصرف. الأقراص ذات القطر ما بين ١ إلى ٣ متر تتركب بفواصل ٢٥ ملليمتر وعددها على عامود إدارة واحد يمكن أن يتغير من ٢٠ إلى ٢٠٠ وهي تدور بمعدل ٢ إلى ٥ دورة في الدقيقة. تكاليف الطاقة تتراوح ما بين ٠,٦ - ١,٢ كيلوات ساعة لكل كيلوجرام أكسجين حيوى مستهلك مزال. تتدفق المياه خلال الحوض عند سرعات مختلفة حسب درجة المعالجة المطلوبة. عادة يكون زمن المكث في الحوض ما بين ١-١,٥ ساعة. تنمو على الأقراص طبقة بيولوجية بسمك ما بين ١ إلى ٤ ملليمتر، الطبقة تكون دائماً مغمورة في الماء ومسحوبة خارج الماء، حيث تؤكسد الملوثات وتزيلها بالأكسجين التي تحصل عليه من الهواء الجوى. الكتلة البيولوجية الزائدة (Excess Biomass) تسقط في الماء ثم تحمل مع المياه المعالجة إلى المروق التثائى.

مياه الصرف في الحوض يتم تهويتها بتدوير الأقراص وكذلك حركة الدوران المشتركة تساعد على بقاء الحماة المنشطة عالقة (وكذلك كل المواد الأخرى). ما بين ٦٠ - ٧٠% من الكائنات الدقيقة تكون عالقة بالأقراص كطبقة بيولوجية. الباقي يكون عالق في الحوض مع مياه الصرف.

المرشحات البيولوجية ذات الأقراص الدوارة تنشأ عادة من ٢-٣ مرشح بالتتالي، بما يمكن الطبقة البيولوجية في كل مرشح أن يحدث لها التنشيط. العامل الهام في كفاءة الأكسدة هو المساحة السطحية للأقراص والتي تكون عادة من ١٠٠ إلى ٢٠٠ متر مربع/المتر المكعب. المرشح المتوسط يصنع عادة من البولي إيثيلين عالي الكثافة، والمساحة السطحية ١٢٢ متر مربع/المتر المكعب. وحدة الملامس البيولوجي الدوار له الخواص التالية:

قطر القرص ٣,٦ متر، طول المرشح ٧,٦ المرشح، إجمالي سطح القرص ٩٢٩٠ متر مربع لعدد ١٠٠ قرص. هذه التجهيزات يمكن أن تحقق كفاءة المعالجة بنسبة ٩٠% للأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) والمواد الصلبة العالقة.

٥- الأحواض والبرك البيولوجية: (Biological Ponds And Lagoons)

الأحواض والبرك البيولوجية هي عبارة عن إنشاءات مياه مصنعة حيث تستخدم العمليات الطبيعية لتنقية المياه. وهي تستخدم أساساً لتنقية المياه بعد المعالجة البيولوجية. وهي يمكن أن تنقسم إلى التهوية الطبيعية والتهوية الصناعية وهذا المعروف عادة بالهوائى أو التهوية الهوائية/الغير هوائية (أو التهوية المشتركة - Facultative) أو الأحواض المهواه والغير مهواه. تتم التهوية وتوفير الأكسجين المذاب (بواسطة أجهزة التهوية) للطبقات السطحية للماء فقط. البرك المهواه تتم باستخدام أجهزة التهوية الميكانيكية أو برفع فقاعات الهواء خلال الماء.

البرك المهواه (Aerated Lagoons) عبارة عن حوض بعمق ٢,٤ - ٤,٩ متر ممتد على مساحة تزيد عن واحد هكتار. خلط طبقات الماء مع الهواء يسرع فى التحلل البيولوجى للمواد العضوية. عند معالجة مياه الصرف الصناعى فإن هذه الطريقة يمكن أن تقلل المواد العضوية المذابة إلى أقل من ٢٥ ملجرام فى اللتر من الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD)، كما يقلل المواد الصلبة العالقة إلى أقل من ٥٠ ملجرام/لتر. سلبيات هذه الإنشاءات تشمل طاقة الأكسدة المنخفضة، بما ينتج

عنه زيادة من المكث في الحوض، الطبيعة الموسمية للتشغيل، الحاجة إلى مساحة كبيرة من الأرضى. نظرا لكبر حجم مياه الصرف التى تعالج فى الأحواض فإن كمية المواد الصلبة العالقة المحتجزة تكون مرتفعة حتى ١٠٠ ملجرام/لتر وهذا يتطلب الترسيب أو الترشيح بعد المعالجة. تستخدم أحواض التهوية (Aerobic Lagoons) فى المعالجة المسبقة لمياه الصرف الصناعى قبل صرفها على شبكة الصرف الصحى.

فى أحواض التهوية المختلطة (الهوائية واللاهوائية - Facultative) حيث الخلط مع الهواء يتم فقط عند السطح، فإن جزء من المواد الصلبة العالقة يرسب عند القاع حيث يتحلل بواسطة الكائنات الحية اللاهوائية. غاز الميثان وبعض نواتج التحلل الأخرى ترتفع إلى الطبقات العليا حيث تتأكسد بالبكتريا الهوائية، كما تحدث زيادة فى إزالة الحمل العضوى (BOD) وكذلك للتخلص من الرائحة الناتجة عن الأكسدة اللاهوائية عند قاع الحوض.

ولزيادة كفاءة المعالجة فإنه يتم إعداد نظام مكون من ثلاث أحواض وهم الحوض الهوائى، الحوض بالتهوية المختلطة (الهوائية واللاهوائية) وحوض الترسيب. الحوض الهوائى يؤكسد المواد العضوية الغذائية ويزيد من كتلة الكائنات الحية الصغيرة (Biomass). زمن المكث من ١-٣ يوم. الحوض المختلط (Facultative) يزيل ما تبقى من الحمل العضوى (BOD) وكمية كبيرة من المواد الصلبة العالقة، زمن المكث من ٣-٦ يوم. فى حالة المحتوى من المواد الصلبة العالقة للمياه المعالجة ليكون أقل من ٥٠ ملجرام/لتر، فإنه يستخدم حوض ترسيب كبير والسدى يتم فيه تراكم الحمأة لعدة عقود. هذا النظام بالأحواض المتعاقبة يتوافق فى الكفاءة مع الحمأة المنشطة ومعمول به فى الولايات المتحدة الأمريكية.

دراسة حالة لهذا النظام (Case Study):

قرب مدينة هوستن فى أمريكا، تعالج مياه الصرف الصناعى فى حوض بيولوجى مساحته ٢,٩ هكتار وله طاقة إستيعابية من ١٩٠٠٠ إلى ٢٣٠٠٠ متر

مكعب فى مكان تجريبى لحفرة زلطية. فهو يعمل كمستودع لمياه الصرف المحتوية على زيوت وشحوم صناعية، أحماض من عمليات الجلفنة، الفينولات، الفينولات الكلورة، المعادن الثقيلة. تتم المعالجة بواسطة البكتريا الطبيعية الموجودة فى الماء. عند زيادة وتراكم الملوثات يتم زيادة التهوية الطبيعية باستخدام التهوية الميكانيكية وكذلك بإضافة عناصر بيولوجية لتعجيل تحلل المخلفات بالبكتريا. تكاليف المعالجة لكل الحوض تعادل ثلث التكاليف فى حالة التخلص من هذه المخلفات بالحرق.

هذا الحوض البيولوجى إستخدام لاختبار تقنيات المعالجة البيولوجية المختلفة لمياه الصرف والرواسب السامة، وكذلك لمعرفة انطلاق المواد العضوية المتطايرة إلى الجو أثناء التهوية للحوض وذلك بهدف تعيين مدى سرعة تأثير البكتريا على الملوثات والمدة الزمنية لذلك، وكذلك لاختيار الطريقة المؤثرة لتهوية الأحواض.

لقد أظهرت الأبحاث أن الأكسدة البيولوجية بهذه الطريقة لها نفس كفاءة المعالجة بالحماة المنشطة، حيث البكتريا تعمل على التحلل التام للملوثات فى الرواسب. مع إنطلاق المواد المتطايرة فإن التأثير السام للمواد المترسبه ينخفض. لوحظ أن أكبر نشاط للبكتريا هو عند رقم هيدروجينى ٧. للمحافظة على الرقم الهيدروجينى عند هذا الحد ثم إضافة ٤٥ كيلو جرام من الجير الحى يوميا (cao) إلى الحوض، وبذا إستمر معدل إزالة الملوثات مرتفع حتى فى شهور الشتاء الباردة. المعالجة التامة البيولوجية يتوقع أن تستغرق أربع سنوات.

٥- المعالجة اللاهوائية لمياه الصرف: *Anaerobic Treatment of Industrial*

Waste Water

المعالجة اللاهوائية والتي تحدث فى عدم وجود الاكسجين تتطلب طاقة أقل و مواد غذائية أقل وتعتبر بديل للمعالجة البيولوجية الهوائية. إن من مميزات المعالجة البيولوجية اللاهوائية هو إنتاج البيوجاز (غاز الميثان) الذى يستخدم

كوقود، بالإضافة إلى قلة المحتوى من الحمأة وكذلك درجة الثبات العالمية للمخلفات المعالجة ومرونة عملية المعالجة والتي يمكن أن تتم بطريقة متقطعة أو موسمية لمياه الصرف. ولكن ساليب المعالجة البيولوجية اللاهوائية هو النمو البطئ للبكتيريا المنتجة للميثان والذي يؤثر على طول الوقت اللازم لبدء عمل وحدة المعالجة البيولوجية اللاهوائية.

تستخدم المعالجة اللاهوائية لمعالجة مياه الصرف عالية التركيز والتي تحتوي على خليط من المواد العضوية بكميات ما بين ٥٠٠ ملجرام / لتر إلى ١٠ جرام / اللتر من الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) وأكثر من ذلك. التخمر اللاهوائى يتم فى مرحلتين. المرحلة الأولى الكائنات الدقيقة ذات النشاط الهوائى واللاهوائى (Facultative) تعمل على تحول المواد العضوية المعقدة وتحللها إلى أحماض دهنية وكحولات، أمونيا ومواد أخرى بفعل الأنزيمات. فى المرحلة الثانية تقوم البكتيريا المنتجة للميثان بتحويل منتجات المرحلة الأولى أساسا إلى الميثان وثانى أكسيد الكربون وغازات أخرى تكونت بكميات صغيرة. البيوجاز المنتج (٦٠-٧٠%) ميثان) يمكن استخدامه كوقود لتسخين المفاعل اللاهوائى نفسه.

يمكن تنفيذ المعالجة اللاهوائية فى أحواض أو فى مفاعلات مصممة خصيصا لهذا الغرض. الأحواض اللاهوائية لا يتم تهويتها حيث تتم معالجة مياه الصرف لاهوائيا. الأحواض المختلطة (هوائية - لاهوائية) تستخدم كذلك، حيث الطبقات السطحية لهذه الأحواض المختلطة ذات تأثير أقوى من الأحواض اللاهوائية ولكن كليهما ينتج روائح كريهة بما يجعل من الصعب إستخدامها فى أماكن كثيرة. الطريقة المستخدمة عموما فى المعالجة اللاهوائية هى باستخدام المفاعلات اللاهوائية، حيث بهذا يمكن معالجة مياه الصرف الصناعى لكثير من الصناعات بما فيها الصناعات البترولية، البتروكيميائية، وصناعة الورق ولب الورق، الصناعات الدوائية، وصناعات أخرى.

توجد أربعة أنواع من المفاعلات البيولوجية للمعالجة اللاهوائية فى الولايات المتحدة وهى:

- المفاعل البيولوجى اللاهوائى - Anaerobic Biological Reactor

- مفاعل التلامس البيولوجى اللاهوائى - Anaerobic Contact Bioreactor

- مفاعل الطبقة السائلة - Fluidized Bed Reactor

- مفاعل التدفق العلوى اللاهوائى بطبقة الحمأة - Up Flow Sludge

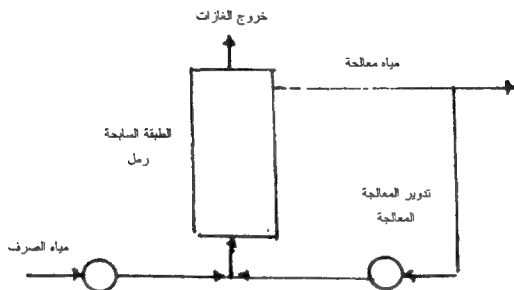
Blanket Anaerobic Reactor

الأشكال (٤/٤)، (٤/٥)

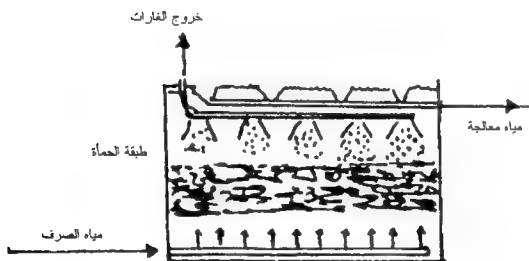
- المرشحات البيولوجية اللاهوائية هى أحواض (خزانات) مغلقة تحتوى على وسط ترشيحى حيث يتم ترشيح المياه خلاله فى تدفق صاعد بدون الالتصاق بأكسجين الهواء الجوى. عندئذ تصبح الطبقة البيولوجية ملتصقة بالوسط الترشيحى المستخدم، تحدث الأكسدة اللاهوائية والتى يصاحبها تكون غاز الميثان. تستخدم المرشحات اللاهوائية فى معالجة مياه الصرف عالية التركيز والتى تحتوى على قليل أو لا تحتوى على مواد عالقة.

- مفاعل التلامس اللاهوائى: عملية التلامس اللاهوائى تشبه عملية الحمأة المنشطة، والتى تتم فى مفاعل مزود بالخلط الميكانيكى، والذى يليه حوض ترسيب حيث يعود جزء من الحمأة إلى المفاعل. وفى مقابل آخر تتحرك مياه الصرف من القاع إلى أعلا خلال طبقة صلبة من زغبات الكائنات الدقيقة اللاهوائية.

- الأكثر تأثيرا هو المفاعل اللاهوائى بالطبقة السائلة (Fluidized) حيث يستخدم الرمل كسطح لنمو البكتريا، ولكن هذه الطريقة مازالت فى المراحل التجريبية البحثية.



شكل (٤/٤) المفاعل اللاهوائي بالطبقة السابحة



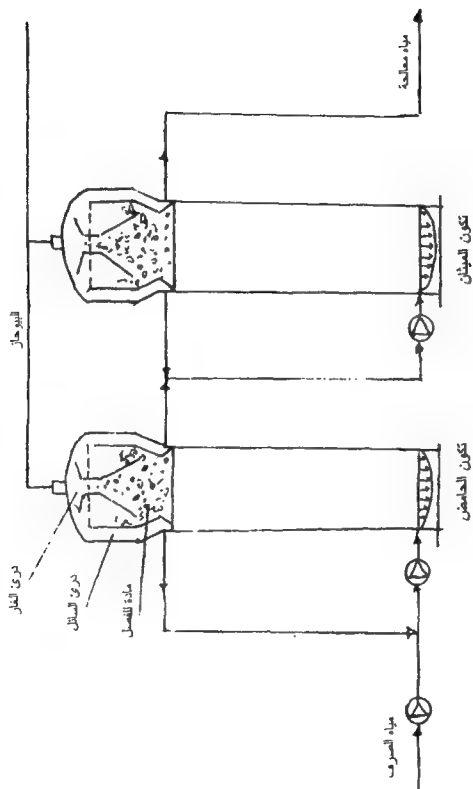
شكل (٤/٥) المفاعل اللاهوائي بالنفق الصاعد وطبقة الحمأة

الجدول التالي يوضح مقارنة للخواص الفنية لثلاث أنواع من المفاعلات البيولوجية لمعالجة مياه الصرف عالية التركيز حيث تركيز الأكسجين الكيماوى المستهلك ١٣٧٠٠ ملجرام/لتر (COD) وذلك فى مياه الصرف الصناعى من صناعة الورق ولب الورق.

المفاعل اللاهوائى			
الطبقة السائلة	التدفق العلوى لطبقة الحمأة	المرشح البيولوجى	
٠,٣٥	٢,٩	١,٠	زمن الحجز الهيدرولى باليوم
٤٨-٣٥	٥-٤	١٥ - ١٠	الحمل العضوى كجرام COD/م ^٢ /ى
٨٨	٨٧	٧٧	نسبة الإزالة للمواد العضوية COD.
٨٩	٨٨	٧٧	BOD
٠,٣٥	٠,٢٨	٠,٣١	إنتاج الميثان م ^٣ /كجرام COD المزال
			المواد العالقة ملجرام/لتر
٢٩	٥٦	٣٣	مياه التغذية
١١٠	٢٣٨	١٩٥	مياه معالجة

فى المعالجة اللاهوائية لمياه الصرف تكون كفاءة التخلص من الحمل العضوى من الأكسجين الكيماوى المستهلك (COD - Chemical Oxygen Demand) حوالى ٨٥ - ٩٥%. بعد المعالجة فإن مياه الصرف يمكن أن تحتوى على خليط من COD حتى ١٠٠ ملجرام/لتر. لهذا السبب فإنه يمكن صرف هذه المياه إلى شبكة الصرف الصحى للمعالجة النهائية أو إعادة معالجتها بالطريقة اللاهوائية. المعالجة اللاهوائية تشبه المعالجة بالحمأة المنشطة حيث يصعب إدارتها وذلك لحساسية صدمات التحميل العضوية والهيدروليكية.

استخدمت المفاعلات البيولوجية ذات الطبقة السائلة (Fluidized Bed) بسبب عدة مميزات شكل (٤/٦) حيث تتفوق على المعالجة بالحمأة المنشطة. حيث تتضح خواص هاتين الطريقتين فى معالجة مياه الصرف كالاتى:



شكل (٤/٦) معالجة مياه الصرف على مرحلتين

المعالجة التقليدية بالحماة المنشطة	المعالجة بالمفاعل البيولوجي بالطبقة السائلة
- معدل الترسيب ١ متر / الساعة	حوالي ٥٠ متر / الساعة
- الرواسب الخاملة تتراكم في الحماة	الرواسب الخاملة يتم غسلها خارج المفاعل
- تركيز الكتلة البيولوجية ٥ كجرام / م ^٣	٤٠ كجرام/م ^٣ (بسبب زيادة المساحة السطحية للكتلة البيولوجية والتي تزيد عن ٢٠٠٠ م ^٢ /م ^٣)
- سرعة مياه الصرف ١ متر / الساعة	١٠ - ٣٠ متر / الساعة
- أحواض التهوية ذات أبعاد كبيرة متسعة ومنخفضة وتحتاج إلى مساحات كبيرة من الأراضي	مدمجة، عمودية وضيقة حيث لا يشغل المفاعل مساحة كبيرة من الأراضي.

يمكن تحقيق كفاءة عالية عند معالجة مياه الصرف وذلك بسبب التركيز العالي للكتلة البيولوجية ونشاطها العالي في الطبقة السائلة للمفاعل البيولوجي.

الأسباب الرئيسية لتقرير إختيار الطريقة اللاهوائية في معالجة مياه الصرف في المفاعل البيولوجي بالطبقة السائل هي كالآتي:

- تنفيذ العملية بطريقة المرحلة الواحدة أو بطريقة المرحلتين.

- بدأ العملية.

- تركيز ونشاط الكتلة البيولوجية.

- ثبات العملية بالنسبة لصدمات التحميل الزائد.

- القدرة على معالجة أنواع مختلفة من مياه الصرف.

في المعالجة اللاهوائية، المشكلة الرئيسية هي إما عمل الأكسدة البيولوجية على مرحلتين في مفاعل واحد أو في مفاعلين منفصلين حيث التحول إلى الحالة الحامضية في مرحلة وإنتاج الميثان في مرحلة. وقد أثبتت الأبحاث أن عملية المعالجة على مرحلتين لها مميزات كثيرة، من بين هذه المميزات النشاط العالي

للحمأة (المرحلة الأولى ٠,٨ جرام COD/جرام فى اليوم، المرحلة الثانى ٢ جرام COD/جرام اليوم) بما يؤدى إلى الزيادة فى إنتاج الميثان وسهولة التحكم فى الرقم الهيدروجينى واستهلاك قليل للقلوى بانتظام، ثبات أفضل بالنسبة لصدمات التحميل الزائد وسهولة التحكم فى سمك الطبقة البيولوجية. كل هذا يؤكد الكفاءة العالية.

لبداء مفاعلات الطبقة السائلة اللاهوائية (Fluidized Bed) ولتنشيط الكائنات الصغيرة على حبيبات الحامل، لاختيار معدل التحميل بناء على COD أثناء البدء. فإن المستخدم عادة هو الرمل حيث أقصى قطر حبيبات ٠,٣ - ٠,٥ ملليمتر لاستخدامه كحامل (Carrier)، وهذا يؤكد التركيز العالى للكتلة الحيوية فى المفاعل.

توجد طريقتين لتغذية الحمأة إلى المفاعل، وهما المتقطعة والمستمرة. فى الحالة الأولى تضاف الحمأة إلى المفاعل قبل التغذية بمياه الصرف وتستخدم للمعالجة خلال عدة أسابيع. فى الحالة الثانية يتم التغذية المستمرة للحمأة مع مياه الصرف. وقد وجد أن البدء السريع يمكن تحقيقه عند استخدام أقصى تحميل للأكسجين الكيماوى المستهلك (COD) مع زمن مكث للسوائل قصير (لمدة يوم).

سمك الطبقة البيولوجية فى مفاعلات الطبقة السائلة يتراوح ما بين ٦٠ إلى ٢٠٠ ميكرومتر للحبيبات ذات قطر من ٠,٣ - ٠,٦ ملليمتر ومعدل تحويل (Conversion Rate) ٤٠ كجرام COD/م^٢. اليوم. الإضطراب بسبب تنفقات مياه الصرف والبيوجاز فى المواسير يؤكد ضرورة السمك للطبقة البيولوجية للمعالجة. لقد أظهرت الأبحاث أن صدمات التحميل الزائد مع درجة الحرارة والرقم الهيدروجينى أو (COD) لمياه الصرف ليس لهم تأثير على العملية اللاهوائية فى الطبقات السائلة.

مفاعلات الطبقة السائلة الصناعية مصممة بطريقة مختلفة في عدد من المعايير. وهذه المعايير هي حجم المفاعل، التحكم في سمك الطبقة البيولوجية، وعملية التحويل.

توجد أربع مفاعلات متشابهة صنعت بواسطة (Door-Oliver). وهي ذات مرحلتين وبحجم ٣٦٠ متر مكعب وحجم طبقة ٣٠٠ متر مكعب، قطر ٦,١٠ متر وارتفاع ١٢,٥ متر. الحامل المستخدم رمل بقطر حبيبات ٠,٥ ملليمتر، معدل تدفق مياه الصرف في المفاعل ٣١ م^٣/الساعة.

قام الإستشارى (Gist - Brocades) بإنشاء عدة مفاعلات لاهوائية ذات المرحلتين بطريقة الطبقة السائلة لمعالجة مياه الصرف من عمليات التخمير. وتتكون من مفاعلين متشابهين أحدهم مفاعل لتكوين الحامض والآخر مفاعل لتكوين غاز الميثان. أحد هذه المفاعلات أقيم في هولندا بقطر ٤,٦ متر وارتفاع الطبقة السائلة ١٣ متر (ارتفاع المفاعل ٢١ متر)، حجم الطبقة السائلة ٢١٥ متر مكعب. وأقيم مفاعل آخر في فرنسا من مرحلتين ويتكون من مفاعلين متشابهين بقطر ٣ متر وارتفاع الطبقة السائلة ١١ متر (إجمالي ارتفاع المفاعل ١٧ متر)، حجم الطبقة السائلة ٨٠ متر مكعب. فوق المفاعل يوجد ٣ طبقات من المصافي لحجز حبيبات الحامل مع وجود عامل درئ (Buffer) للغاز والسائل. الحامل المستخدم رمل بقطر ٠,١ - ٠,٣ ملليمتر ومعدل تدفق مياه الصرف في المفاعل ٨ - ٢٠ م^٣/الساعة.

تعمل المفاعلات البيولوجية ذات الطبقة السائلة بنجاح وبإنتاجية مرتفعة نسبياً ١٠ - ٣٠ كجرام COD / م^٢ في اليوم. وهي تتحمل صدمات التحميل (مع التغير الكبير في مكونات مياه الصرف) الرقم الهيدروجيني ما بين ٣ - ١٠.

الخواص الفنية لعمل المفاعلات اللاهوائية ذات الطبقة السائلة كالاتى:

مفاعل فرنسا	مفاعل هولندا	مفاعل Dorr-Oliver	
			تركيز الخليط في مياه الصرف الأولية COD
٣,٦	٣,٢	١٢	جرام/لتر
٣٧	٣٧	٣٥	درجة الحرارة °م
٧,٤	٦,٨	٧,١ - ٦,٧	الرقم الهيدروجيني
٣,٢	٢,٤	١٩	زمن المكث في المفاعلين
٧٥	٧٠	٧٥	كفاءة النفاثة COD%
٥٠	١٨٠	٣٢	استهلاك الماء متر مكعب / الساعة
٢٠	٢٢	١١	تحويل كجرام COD/م ^٣ اليوم
٢٠	٢٠	١٢	تركيز الكتلة البيولوجية جرام/لتر
١٠٠	أقل من ١٠٠	٦٠٠	محتوى مياه الصرف من الأحماض الدهنية
			ملجرام/لتر

فى الهند فى مدينة بومباى إستخدم مفاعل مصمم بواسطة شركة (Dorr-Oliver) الأمريكية لمعالجة مياه الصرف الصناعي عالية التركيز من مصانع الورق ولب الورق بطاقة صغيرة (أقل من ٣٠ طن/اليوم) وكذلك من مصانع إنتاج الكحول والعسل الأسود، وكانت خواص المياه من هذه المصانع كالاتى:

البنيان	مياه الصرف من مصنع تقطير الكحول	مياه الصرف من مصنع الورق
١- الرقم الهيدروجيني	٤ - ٤,٥	٩ - ١١
٢- اللون	أسود	أسود
٣- محتوى الخليط ملجرام/لتر	٥ - ١٠٠٠٠	١ - ٤٠٠٠
مواد عالقة	٧٥ - ١٠٠٠٠٠	١٠ - ٤٠٠٠٠
مواد صلبة مذابة	٣٥ - ٥٠٠٠٠	٤ - ١٢٠٠٠
أكسجين حيوى BOD	٧٥ - ١٠٠٠٠٠	١٢ - ٣٦٠٠٠
أكسجين كيمائى COD		

مياه الصرف من مصانع الورق ولب الورق الصغيرة يمكن معالجتها كذلك بالطريقة المزدوجة. لنبدأ بالمخلفات من سائل لب الورق المغلى (السائل الأسود) وتجهيزات التبييض حيث تتم المعالجة اللاهوائية بالمفاعلات البيولوجية اللاهوائية المزدوجة. مياه الصرف المعالجة بهذه الطريقة يتم خلطها مع مياه الصرف من إنتاج الورق حيث تتم المعالجة الهوائية بالحماة المنشطة.

المعالجة بالطريقة اللاهوائية وبالطريقة الهوائية لها عدد من المميزات: استهلاك أقل في الطاقة (٤٠-٥٠%) عن الطريقة التقليدية، استهلاك أقل في المواد الغذائية للكائنات الدقيقة (٥٠-٦٠%)، انخفاض الزيادة في الحمأة (٢٥-٣٠%)، مساحة أقل للإنبشات (٤٠-٥٠%). كما أن المعالجة اللاهوائية تحقق وفر اقتصادي في تكاليف التشغيل لكل نظام المعالجة لمياه الصرف. حالياً تم تطوير طريقة المعالجة لمياه الصرف من الصناعات البتروكيماوية حيث تتم بطريقة مشتركة باستخدام المفاعلات اللاهوائية ذات الطبقة السائلة والحماة المنشطة الهوائية مع التهوية السطحية.

الفصل الخامس

المعالجة المسبقة والأولية لمياه الصرف الصناعي

١- التسوية لتنظيم التدفقات.

٢- فصل المواد العالقة

أولاً: التسوية لتنظيم التدفقات Flow Equalization

الغرض من التسوية هو تقليل والسيطرة على التغيرات فى مياه الصرف الصناعى بهدف توفير الظروف المناسبة لعملية المعالجة التالية. يتوقف حجم ونوع حوض التسوية على كمية الملوثات والتغيرات فى معدل التدفق. يجب أن تكون سعت الحوض مناسبة لاحتواء التغيرات الناتجة عن التغير فى معدلات الإنتاج للمصنع وكذلك تخفيض التركيزات التى يتم صرفها من أن إلى آخر.

الغرض من التسوية لوحدة المعالجة للصرف الصناعى هو:

١- توفير الخفض المناسب فى التغيرات العضوية لمنع حدوث صدمات التحميل للمعالجة البيولوجية.

٢- توفير الضبط للرقم الهيدروجينى أو تقليل استخدام الكيماويات اللازمة لعمل التعادل (Neutralization).

٣- تقليل التدفقات العالية لوحدة المعالجة الطبيعية والكيماوية بما يسمح لمعدات التغذية بالمواد الكيماوية العمل بما يتناسب مع إحتياجات المعالجة.

٤- توفير إستمرارية العمل لنظام المعالجة البيولوجية خلال فترات التوقف للمصنع.

٥- توفير القدرة على تنظيم التدفقات إلى شبكة الصرف الصحى بهدف توزيع الأحمال من الملوثات بانتظام.

٦- منع التركيزات العالية للمواد السامة من دخول وحدة المعالجة البيولوجية.

عادة يتم توفير وسيلة الخلط لتأكيد التسوية المناسبة ولمنع رسوب المواد الصلبة العالقة فى قاع الحوض، هذا بالإضافة إلى أكسدة المركبات المختزلة (Reduced) الموجودة فى مياه الصرف وكذلك تقليل الحمل العضوى (BOD) بالخلط بالهواء حيث يتم الخلط مع التهوية.

٧- الطرق المستخدمة في الخلط تشمل الآتى:

- أ- توزيع المياه الداخلية باستخدام الحوائط الحائلة (Baffles).
- ب- الخلط التريبنى حيث يدار المحرك بالماء أو الهواء.
- ج- التهوية ببثق الهواء (Diffused Air).
- د- التهوية الميكانيكية.

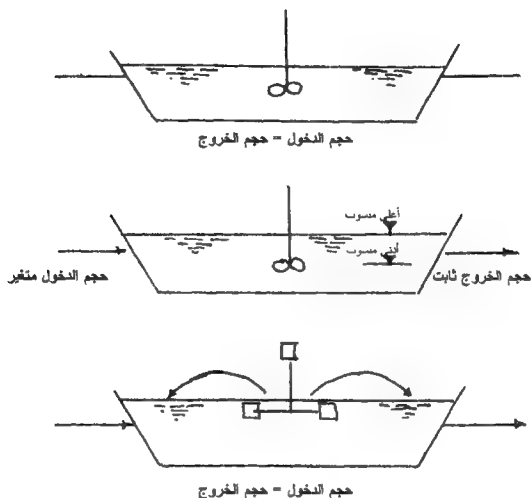
الطريقة العادية هي باستخدام الخلاطات المغمورة، كما قد تستخدم أجهزة التهوية السطحية وذلك في حالة مياه الصرف سريعة التحلل البيولوجي مثل مياه الصرف في صناعة البيرة، حيث تستخدم طاقة حوالى ١٥-٢٠ حصان لكل مليون جالون. (٠,٠٠٣ - ٠,٠٠٤ كيلوات/المتر المكعب). كمية الهواء المطلوبة في حالة التهوية ببثق الهواء هي تقريباً ٠,٥ قدم مكعب من الهواء/جالو من الماء (٣,٧٤ م^٣ هواء لكل متر مكعب مياه وذلك لمنع تكون الروائح الكريهة. كما يمكن الجمع بين نظام الخلط والتهوية (مثلاً أجهزة التهوية التى تطفو على السطح Floating Surface Aerators). الأسلوب العملى الشائع هو باستخدام الحوائط الحائلة (Baffles) والخلط الميكانيكى، التهوية أو الجمع بين هذه الطرق. وإذا كان استخدام الحوائط الحائلة لايعتبر من أشكال الخلط الحقيقى وهو أقل كفاءة عن باقى الطرق فإنه الأقل تكلفة ويمكن إختصار الرحلة للمياه (Short Circuit). وقد تستخدم الحوائط الحائلة أعلا وأسفل وهى المفضلة فى أحواض التسوية المتسعة حيث أنها توفر أقصى توزيع على المستوى الرأسى والأفقى. يتم إدخال مياه الصرف عند قاع الحوض حيث تمنع سرعة دخول المياه المواد الصلبة العالقة من الرسوب والتراكم فى قاع الحوض. عادة نظام الحوائط الحائلة غير مرغوب فيه كوسيلة جيدة لخلط مياه الصرف المحتوية على تركيزات عالية من المواد الصلبة القابلة للترسب.

أما الخلط الميكانيكى فنظراً لكفائته العالية فإنه يوصى باستخدامه فى أحواض الترسيب الصغيرة مع مياه الصرف المحتوية على تركيزات عالية من المواد الصلبة القابلة للترسيب وكذلك المياه سريعة التغير فى التركيز لمحتواها من المخلفات. ويتم إختيار الخلط الميكانيكى على أساس إختيار معملى لوحدة تجارب نصف صناعية (Pilot Plant) أو طبقاً لبيانات المنتج مع المحافظة على التماثل الهندسى ومعدل الطاقة لوحدة الحجم. ذلك لأن الطاقة الناتجة عن تكون الدوامة (Vortex) هى طاقة مهدرة. ويتم الإقلال من حدوث هذه الدوامة ما أمكن بوضع الخلط بعيد عن مركز الحوض أو بزاوية عمودية أو بتمديد الحوائط المانعة بعيد عن جدار الحوض.

يلزم أن يكون نظام التسوية مائل فى إتجاه الصرف وكذلك التغذية لحوض المياه لا تكون بالخرطوم ولكن بالدفق (Flushing) بما يحد من الآثار الصحية والرائحة لمياه الصرف. شكل (٥/١) بعض نماذج لأحواض التسوية.

الحاجة إلى التسوية: (Need for Equalization)

يحدد المهندس المصمم موقع التسوية سواء عند المصدر أو عند وحدة المعالجة أو قد لا يكون هناك حاجة لها. العوامل التى تؤثر على هذا التحديد هى عوامل إقتصادية مقارنة بالبدائل الأخرى. التسوية توفر الاقتصاد فى تكاليف الإنشاء مع تبسيط أو عدم التعقيد فى عمل محطة المعالجة مع تحسين عملية التحكم وكذلك إحتمال خفض التكاليف للكيمياويات اللازمة. وفى حالات التسوية بالنسبة لمحطات المعالجة (فى المدينة) حيث تستخدم معدات التهوية (Aierators) لجعل المواد الصلبة تظل عالقة وتحد من الرائحة بالإضافة إلى الإقلال من الأكسجين الحىوى. وذلك حيث أن تكاليف الطاقة يمكن أن تغطيها مميزات النمو والتكاثر البيولوجى للكائنات الحية الدقيقة والتى تضيف إلى كفاءة وحدة المعالجة.



شكل (٥/١) أنواع أحواض التسوية

وبما يعمل على التخلص من المركبات الكيميائية المتطايرة. يمكن استخدام الغازات العادمة للخلط في حالة عدم إضافة مواد ملوثة لمياه الصرف. الغازات العادمة المحتوية على كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون تستخدم للخلط ولتعادل مياه الصرف القلوية.

تصميم وحدة التسوية:

الحالة المثالية هو أن يبدأ تصميم وحدة التسوية بدراسة تفصيلية لمعرفة طبيعة مياه الصرف وتغيراتها، حيث تشمل الدراسة جميع البيانات عن كلا من التدفقات

والملوّثات ذات الأهمية. تكاليف الدراسة تمثل جزء صغير من إجمالي تكلفة الإنشاء ولكنها تمثل قيمة بالنسبة لتكلفة التصميم الإجمالية. تكلفة الدراسات في مراحل التصميم الأولية تساعد في خفض التكلفة الكلية للإنشاءات وذلك في حالة قيام مهندسى التصميم بالفحص الجيد للمتغيرات لتحقيق أقصى كفاءة للتصميم.

الإعتبار الأول في تحديد البيانات المطلوب جمعها هو تأثير مياه الصرف على المكان الذى سيتم الصرف عليه (مسطحات مائية أو شبكة صرف صحى). القياس الهام هو معدل التدفق الكمي (Mass Flow Rate). لذلك فإن البيانات التى يلزم قياسها هى معدلات التدفق والتركيزات (الأكسجين الحيوى BOD، المواد الصلبة العالقة... الخ) والتى يتم إجراؤها فى توقيتات متتالية وليست فى توقيتات عشوائية كما هو متبع فى حالات أخرى. لذلك فإن البرنامج يجب أن يحتوى على العدد الكافى من العينات ليمكن توفير البيانات الإحصائية اللازمة، كما يجب مراعاة الآتى عند تحديد عدد العينات:

- البيانات الدورية حيث يلزم جمع ما لا يقل عن ورديتين.
- يجب أن يكون الفاصل بين البيانات مختلف بما يوفر الكشف عن القيم العالية القصوى (Peak) أو المنخفضة.
- عندما تكون الاعتبارات الموسمية هامة فإنه يجب عمل ما لا يقل عن برنامج عينات فى كل موسم.

وفى كل الحالات فإن دواعى حدود الوقت للتصميم لاتسمح بهذه الطريقة لأخذ العينات حيث أدنى مدة يوصى بها لأخذ عينات مياه الصرف الصناعى هى أسبوع واحد وذلك للبيانات المتغيرة (مثال: الأكسجين الحيوى، المواد الصلبة العالقة) والتى تجمع على فواصل زمنية من ٢-٣ ساعة. البرنامج الذى يوفر من ٥٠ إلى ١٠٠ عينة يحقق أدنى كفاية للتعرف.

الميزان المادى: Material Balance - ملحق (ج)

إن تقنية التصميم الأولى والهامة هى محاكاة عمل الحوض وذلك بعمل ميزان مادى عبر الوحدة لفترات زمنية منفصلة (At) وهذه الطريقة تفترض:

- أن الحوض تام المخلط أى أن التركيزات الخارجة من الحوض تساوى التركيزات الداخلة إلى الحوض.
- أن المواد لا تتفاعل.
- أن التغذية للحوض متقطعة (Batch Feed).

والفرضية الثانية يمكن إهمالها إذا كان معدل التفاعل بطى وإذا حدث تغير بسيط فى التركيز بسبب هذا التفاعل خلال زمن المكث فى الحوض (Detention Time) المقدر. أما إذا كان التفاعل واضح ويمكن تقدير معدلته، فإنه فى هذه الحالة يمكن إدخال التفاعل فى المحاكاة. ويمكن تحليل مفاعل مستمر التدفق بهذا النمط على شرط أن يكون زمن أخذ العينة صغيراً جداً وذلك لعمل التقريب المعقول فى التغيرات التى تحدث مع تغير الوقت بالنسبة للتركيز والتدفق فى خطوات منفصلة.

ولتحديد متطلبات التسوية وخاصة عند التغير العشوائى فى كل من التدفق والتركيز فقد قام كلا من (Patterson And Menez) بعمل طريقة لهذا الغرض. حيث أمكن عمل ميزان مادى لحوض التسوية من المعادلة:

$$C_1 Q T + C_0 V = C_2 Q T + C_2 V$$

حيث:

C_1 = التركيز الداخلى إلى حوض التسوية خلال الفترة الزمنية لأخذ العينة (T).

Q = الفاصل الزمنى لأخذ العينة (ساعة مثلاً).

C_0 = التركيز في حوض التسوية عند بدء توقيت أخذ العينة.

V = حجم حوض التسوية.

C_2 = التركيز للمياه الخارجة من حوض التسوية عند نهاية الفترة الزمنية لأخذ العينة.

وبفرض أن المياه الخارجة من حوض التسوية ثابتة التركيز خلال فترة زمنية واحدة. وهذا ينطبق عندما تكون الفترات الزمنية متباعدة نسبياً، المعادلة السابقة يمكن إعادة صياغتها لحساب تركيز المياه الخارجة من حوض التسوية بعد كل فترة زمنية:

$$C_2 = \frac{C_1 T + C_0 V / Q}{T + V / Q}$$

عندئذ يمكن حساب مجال التركيز للمياه الخارجة لأجل مجال أحجام التسوية V . يتم حساب معامل الذروة (PK-Peaking Factor) بالنسبة لتركيز وتدفق المياه الداخلة. معامل الذروة (PF) للمياه الخارجة لأغراض التصميم هو النسبة ما بين أقصى تركيز إلى متوسط التركيز.

مثال لتصميم حوض التسوية:

البيانات التالية تم الحصول عليها من مصنع خلال دورة إنتاج ٨ ساعات. كل فترة زمنية تمثل ساعة واحدة. تركيز المياه الخارجة لحجم التسوية لزمن مكث ٨ ساعات، ٤ ساعات موضح في الجدول التالي (رقم ١)

الفترة الزمنية	معدل التدفق جالون / الدقيقة $\times 10^{-3}$	تركيز المياه الداخلة لمجرام/لتر	تركيز المياه الخارجة عند V لكل	
			١	٠,٥
١	١,٦	٢٤٥	١٨٧	١٩٨
٢	٠,٢	٦٤	١٨٥	١٩٣
٣	١,٠	٥٤	١٧٣	١٦٩
٤	١,٢	١٦٧	١٧٢	١٦٩
٥	١,٦	٣٢٩	١٩٤	٢٠٨
٦	٢,٠	٤٨	١٦٩	١٦٢
٧	١,٢	٥٥	١٥٧	١٤١
٨	١,٠	٣٩٥	١٧٩	١٨١
المتوسط	١,٢٢٥	١٧٨	١٧٨	١٧٨
معامل الذروة PF	١٠,٠	٨,٢	١,٠٩	١,١٧

$$V = \frac{\text{حجم حوض التسوية}}{\text{إجمالي حجم تدفقات مياه الصرف اليومي}}$$

ملاحظة: جالون/الدقيقة = $3,78 \times 10^{-3}$ متر مكعب في الدقيقة.

أما في حالة زمن مكث ٨ ساعة فإن حجم حوض التسوية يمكن حسابه كالآتي:

$$1,225 \times 10^3 \text{ جالون/الدقيقة} \times 60 \text{ دقيقة/الساعة} = 588 \times 10^3 \text{ جالون} \\ (2,23 \times 10^3 \text{ م}^3)$$

تركيز المياه الخارجة من حوض التسوية بعد الفترة الزمنية الأولى هو:

$$\frac{C_0 V/Q + C_1 T}{T + V/Q} = C_2$$

$$\frac{245 \times 1 + 178 \times 588 (1.6 \times 60)}{1 + 5.88 / (1.6 \times 60)}$$

= 187 ملجرام/لتر.

بنفس الطريقة كل التركيزات التالية للمياه الخارجة من حوض التسوية يمكن حسابها كما هو موضح في الجدول السابق.

يمكن حساب معامل الذروة (PF) لتركيز المياه الداخلة:

$$\text{معامل الذروة} = \frac{395}{48} = 8.2$$

معامل الذروة للمياه الخارجة مع زمن مكث ٨ ساعات هو:

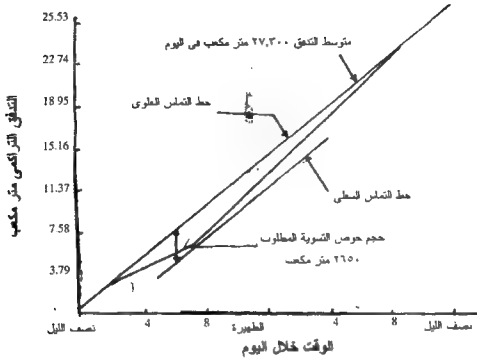
$$\text{معامل الذروة} = \frac{194}{178} = 1.09$$

نفس الطريقة يمكن أن تستخدم للتدفق لتسوية التدفق اللحظي وتركيز مياه الصرف، ولكن في هذه الحالة يكون حجم حوض التسوية هو المتغير. وعند وجود تركيزات عالية في ١% من الوقت ينشأ حوض لتلقى هذه التركيزات ذات التركيزات العالي آليا مثل (BOD، TOC، TSS) ودرجات الحرارة، المواد السامة.

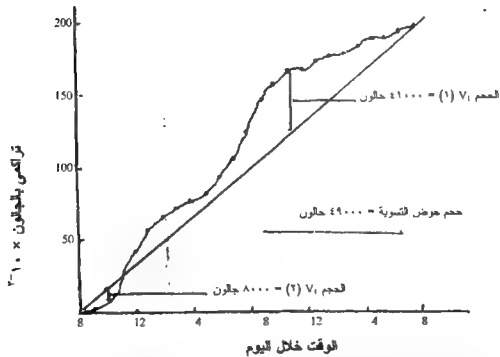
منحنى التدفق التراكمي: (Cumulative Flow Curve)

يمكن تعيين أحجام أحواض التسوية على أساس التدفق التراكمي أو مخطط الكتلة (Mass Diagram). هذه الطريقة معروفة جيدا حيث استخدمت لفترة طويلة لتعيين متطلبات التخزين للأحواض. تقنية المخطط تتكون من توقيع التدفق التراكمي مقابل الوقت لدورة واحدة كاملة (٢٤ ساعة بالنسبة لمحطات معالجة المحليات). يتم عندئذ توقيع خطين متوازيين مع الميل لتمثيل معدل الضخ من حوض التسوية، مع توقيعهم عندئذ معامسين لمنحنى التدفق التراكمي. حجم حوض التسوية المطلوب يكون عندئذ هو المسافة العمودية بين خطي التماس.

هذه الطريقة يمكن توضيحها بالمثال الجدول (٥/٢)، الشكل (٥/٢) المثال السابق بتوسط التدفقات في الساعة مأخوذ من أحد المحطات.



شكل (٥/٢) منحني التدفق التراكمي (متر مكعب \times ١٣,١٥ = قدم مكعب)



شكل (٥/٣) تم توقيع البيانات في الجدول (٣) كتجمع للتدفق الداخل
معدل المعالجة ١٩٩,٣٠٠ جالون في اليوم، حجم حوض التسوية المطلوب هو
 $٨٠٠٠ + ٤١٠٠٠ = ٤٩٠٠٠$ جالون (١٨٦ متر مكعب)

بدء تراكم التدفق عند منتصف الليل وتم توقيع التدفق المتراكم كخط منحنى الموضح في الشكل (٥/٢). متوسط التدفق لليوم يمثل بالخط خلال البدء (Origin) وقيمة ٢٤ ساعة تدفق تراكمي. يمثل الخط معدل ثبات التدفق من حوض التسوية. ميل معدل التدفقات الداخلة (الخط المنحني) أقل من قيمة التدفقات الخارجة من ١ إلى ٩ بعد الظهر (a M): لذلك فإن الحوض يتم تفريغه خلال هذه الفترة الزمنية.

رغم أن الطريقة السابقة لا توفر الحجم الصحيح للحوض للعلاقة بين التدفق والوقت ليوم معين، فإن التغير وكذا كمية التسوية المطلوبة تتغير من يوم إلى آخر. استخدمت هذه الطريقة من البيانات السنوية على أساس يوم بعد يوم. ولكن حجم الأحواض تغير عشرة أضعاف من ٦٧٠ إلى ٦٧٤٠ متر مكعب. حجم الأحواض لخمس أيام تدفق مستمر كان أكبر ولكن التغير من أسبوع إلى آخر كان أقل. لسوء الحظ لا توجد طريقة سهلة لتحديد اليوم أو الأسبوع الصحيح.

ولكن توجد عدة طرق للتعويض عن هذه السلبات، أحد هذه الطرق هو بتوفير سعة أكبر بما يعادل ٢٥% زيادة، وهناك آراء تقترح الزيادة في حدود ١٢% تعتبر كافية.

بيانات التدفق كمثال جدول (٢)

التوقيت	معدل التدفق م ^٣ /س	التدفق التراكمي (م ^٣)	التوقيت	معدل التدفق م ^٣ /س	تدفق تراكمي (م ^٣)
منتصف الليل	٩٤٦	صفر	١ ظهر	١١١٠	١٢٨٣٠
١	٩٠١	٩٠١	٢	١٤٦٠	١٤٢٩٠
٢	٧٩٩	١٧٠٠	٣	١٣١٠	١٥٦٠٠
٣	٧٥٣	٢٤٥٣	٤	١٤٩٠	١٧٠٩٠
٤	٧٣٨	٣١٩١	٥	١٣٥٠	١٨٤٤٠
٥	٧١٩	٣٩١٠	٦	١١٠٠	١٩٥٤٠
٦	٧٤٩	٤٦٥٩	٧	١٣٧٠	٢٠٩١٠
٧	٧٨٠	٥٤٣٩	٨	١٤٢٠	٢٢٣٣٠
٨	١٠٠٠	٦٤٣٩	٩	١٣٧٠	٢٣٧٠٠
٩	١٣٧٠	٧٨٠٩	١٠	١١٠٠	٢٤٨٠٠
١٠	١٢٨٠	٩٠٨٩	١١	١٢٧٠	٢٦٠٧٠
١١	١٢٣٠	١٠٣٢٠	منتصف الليل	١٢٣٠	٢٧٣٠٠
الظهر	١٤٠٠	١١٧٢٠	---	---	---

يمكن أن يصمم حوض التسوية لتسوية التدفق أو التركيز أو كليهما. لتسوية التدفق فإنه يتم رسم بياني لكل من التدفق التراكمي مع الوقت خلال فترة تسوية (٢٤ ساعة). أقصى حجم بالنسبة لخط التسوية الثابت هو حجم التسوية المطلوب كما في الجدول (٥/٣) التالي:

الوقت	جالون/ق	جالون / س	عدد الجالونات $\times 10^{-3}$
٨	٥٠	٣٠٠٠	٣
٩	٩٢	٥٥٢٠	٨,٥
١٠	٢٣٠	١٣٨٠٠	٢٢,٣
١١	٣١٠	١٨٦٠٠	٤٠,٩
١٢	٢٧٠	١٦٢٠٠	٥٧,١
١	١٤٠	٨٤٠٠	٦٥,٥
٢	٩٠	٥٤٠٠	٧٠,٩
٣	١١٠	٦٦٠٠	٧٧,٥
٤	٨٠	٤٨٠٠	٨٢,٣
٥	١٥٠	٩٠٠٠	٩١,٣
٦	٢٣٠	١٣٨٠٠	١٠٥,١
٧	٣٠٥	١٨٣٠٠	١٢٣,٤
٨	٣٨٠	٢٢٨٠٠	١٤٦,٢
٩	٢٠٠	١٢٠٠	١٥٨,٢
١٠	٨٠	٤٨٠٠	١٦٣
١١	٦٠	٣٦٠٠	١٦٦,٦
١٢	٧٠	٤٢٠٠	١٧٠,٨
١	٥٥	٣٣٠٠	١٧٤,١
٢	٤٠	٢٤٠٠	١٧٦,٥
٣	٧٠	٤٢٠٠	١٨٠,٧
٤	٧٥	٤٥٠٠	١٧٥,٢
٥	٤٥	٢٧٠٠	١٨٩,٩
٦	٥٥	٣٣٠٠	١٩١,٢
٧	٣٥	٢١٠٠	١٩٣,٣

الجالون = $3,78 \times 10^{-3}$ متر مكعب

ومن الشكل (٥/٣) فإن معدل المعالجة هو ١٩٣٣٠٠ جالون/اليوم أو ١٣٤ جالون في الدقيقة (اليوم ١٤٤٠ دقيقة) أو ٥٠٧ لتر في الدقيقة. والحجم اللازم لحوض التسوية هو ٤١٠٠٠ جالون + ٨٠٠٠ جالون = ٤٩٠٠ جالون أو (١٨٦ متر مكعب).

مثال آخر:

لزم من مكث ٤ ساعة أو ٨ ساعة في حوض التسوية فإنه يمكن حساب حجم حوض التسوية وذلك بأخذ متوسط معدل التدفق في الدقيقة لكل ساعة. ثم عمل متوسط لمعدل التدفق كما يلي:

إذا كان معدل التدفق خلال ٢٤ ساعة هو كما في الجدول التالي بالجالون في الدقيقة. من الجدول التالي يكون المتوسط = $\frac{١٢٦٠٠}{٢٤} = ٥٢٥$ جالون في الدقيقة.

∴ حجم حوض التسوية = $٥٢٥ \times ٦٠ \times ٤ = ١٢٦ \times ١٠$ جالون في الدقيقة

$$= \frac{٣,٧٨ \times ١٠ \times ١٢٦}{١٠٠٠} = ٤٧,٦٢٨ \text{ متر مكعب}$$

ويفرض أن زمن المكث في حوض التهوية للمعالجة البيولوجية هو ٨ ساعات فإنه يختصر عندئذ إلى ٤ ساعات على أساس توفر التهوية في حوض التسوية.

جدول (٤) لمعدل التدفق خلال ٢٤ ساعة بالجالون في الدقيقة

التوقيت	جالون / ق	التوقيت	جالون / ق
٨	١٠٠٠	٨	١٠٠
٩	٨٠٠	٩	٢٠٠
١٠	٨٠٠	١٠	١٠٠

التوقيت	جالون / ق	التوقيت	جالون / ق
١١	٢٠٠	١١	٥٠٠
١٢	٦٠٠	١٢	٦٠٠
١	٤٠٠	١	٧٠٠
٢	١٠٠٠	٢	٥٠٠
٣	٤٠٠	٣	٣٠٠
٤	٣٠٠	٤	١٠٠٠
٥	٢٠٠	٥	٧٠٠
٦	٥٠٠	٦	٥٠٠
٧	٨٠٠	٧	٤٠٠

الشكل (٥/٤) يوضح وضع التسوية خلال بدائل نظم المعالجة لمياه الصرف الصناعي والتي سيتم تناولها في الفصول التالية.

ثانيا: فصل المواد العالقة Solid Separation

مقدمة:

إنه رغم وجود عمليات مختلفة فى معالجة مياه الصرف الصحى لإزالة المواد الصلبة العالقة وتركيزها، إلا أنه قد يكون من الضرورة إزالة مثل هذه المواد قبل الصرف على محطة الصرف الصحى. هذه المواد الصلبة يمكن أن تكون موجودة فى مياه الصرف الصناعى بكميات تعيق أداء محطة معالجة الصرف الصحى وكذلك نظام جمع المخلفات. يمكن أن تتأثر عملية المعالجة لمياه الصرف بالمواد الصلبة العضوية العالقة (وخاصة تلك القابلة للتغفن) والتي تزال مع الرمال فى محطة المعالجة، كما أن المواد الصلبة التى تلتصق بنظام المعالجة وتعيق التدفقات لكبر حجمها. بالإضافة إلى أن دخول التركيزات العالية من المواد الصلبة العالقة إلى محطة المعالجة يمكن بشكل أحمال زائدة على أحواض الترسيب. وبالمثل فإن المواد الصلبة الطافية العالقة يمكن أن تتراكم فى بئارة محطة الطلمبات حيث يصعب إزالتها. هذه المواد يمكن أن تسبب رائحة فى حالة تحللها بيولوجيا. وأخيرا فإن المعالجة المسبقة تكون مطلوبة أحيانا كوسيلة لإزالة مواد معينة تعيق أداء محطة معالجة ونظام التجميع للصرف الصحى للمحليات.

المواد الصلبة العالقة فى مياه الصرف:

المواد الصلبة العالقة الموجودة فى مياه الصرف تقسم طبقا للحجم وطبقا لعملية إزالتها كالاتى:

- المواد كبيرة الحجم: وهى التى لا يقل قطرها عن ١ بوصة (٢٥ ملمتر) -
والتي تعيق التدفقات وعمليات المعالجة التالية.

- الرمال (Grit): وهى المواد العالقة التى ترسب بسرعة وهذه تشمل الرمال، الزلط وبعض المواد الأخرى عالية الكثافة.

- المواد الصلبة القابلة للترسيب: Settleable Solids وتشمل المواد التى ترسب من مياه الصرف فى إختبار قمع أمهوف (Imhoff) القياسى. المواد القابلة للترسيب هى أساسا جسيمات ذات قطر أكبر من ٠,٠٠١ ملليمتر تقريبا (١ ميكرومتر). وهذه عادة لاحتوى على الرمال أو ما يشابه ذلك أو أى أجسام أكبر من بوصة واحدة فى القطر (٢٥ ملليمتر).

- مواد هلامية (غروية) (Colloids): وهذه عبارة عن مواد عالقة ذات قطر ما بين ٠,٠٠٠١ ملليمتر (أى من ٠,٠٠٠١ ملليمكرون إلى ١ ملليمكرون) وهى لا ترسب بدون عوامل مساعدة للترسيب فى نظم المعالجة. هذه الجسيمات لها شحنات سطحية والتى يجب معادلتها ليتمكن تجميع الجسيمات (Particle Agglomeration)، حيث يستخدم عادة التزغيب والترويب والترسيب. المروبات المستخدمة من الأملاح المعدنية غير العضوية والبولى اليكترولئيس لإزالة هذه المواد الهلامية.

المواد الصلبة العالقة فى مياه الصرف الصناعى يمكن أن تكون عضوية أو غير عضوية. ولكن يمكن أن تدخل الرمال إلى خطوط الصرف عند هطول الأمطار أو من عمليات الغسيل فى صناعة الورق ولب الورق، ومن الصناعات الغذائية وصناعات أخرى... الخ. قشور الصدا من عمليات إعداد السطح فى صناعة الصلب (Pickling) لها صفات الرمال حيث أنها مواد غير عضوية وسريعة الترسيب كما أنها تزال فى عمليات المعالجة مثل إزالة الرمال فى محطات معالجة الصرف الصحى. المواد الصلبة القابلة للترسيب والمواد الهلامية (Colloidal) يمكن أن تكون كذلك عضوية أو غير عضوية وذلك طبقا لنوع الصناعة. هذا بالإضافة إلى أنه فى حالة استخدام مواد التثنت مثل مواد النشاط السطحى (المنظفات

الصناعية) في العمليات الصناعية فإنه قد يسبب درجة ثبات عالية للمواد الصلبة العالقة بما يجعل من الصعب إزالتها.

تصنيف المواد الصلبة العالقة:

المواد الصلبة في المياه وفي مياه الصرف تعرف بالمتبقى (Residue). إجمالي المتبقى (أو إجمالي المواد الصلبة) هو المادة المتبقية من العينة بعد تبخير المياه من العينة وجفاف المتبقى في فرن عند درجة حرارة معينة. إجمالي المتبقى يشمل المتبقى الذي لا يمر من المرشح وكذلك الذي يمر من المرشح. المواد الصلبة العالقة هي التي لا تمر من وسيلة الترشيح، أما المواد الصلبة المذابة فهي التي تمر من وسيلة الترشيح.

إجمالي المواد الصلبة العالقة (التي لا تمر من وسيلة الترشيح). تعين المواد الصلبة العالقة (TSS) بترشيح العينة خلال وسط ترشيحي وتعيين الوزن للمتبقى ثم التجفيف في فرن تجفيف حتى ثبات الوزن. درجة حرارة تجفيف العينة هي عادة ١٠٣ إلى ١٠٥°م، ذلك رغم أن درجة حرارة أعلا يمكن أن تستخدم في حالات خاصة. العينة التي يتم تجفيفها عند ١٠٣°م إلى ١٠٥°م تحتفظ بماء التبخر بالإضافة إلى المحتوى من بعض المياه الملتصقة ميكانيكياً. كفاءة الفقد في ثاني أكسيد الكربون والمواد العضوية المتطايرة ضعيف عند درجة الحرارة هذه. العينات التي يتم تجفيفها عند ١٨٠°م تفقد كل المياه الملتصقة ميكانيكياً في العينة، ولكن بعض مياه التبخر قد يظل في المتبقى. الفقد لثاني أكسيد الكربون في المادة العضوية يزداد مع زيادة درجة حرارة التجفيف.

تنوقف كمية إجمالي المواد الصلبة العالقة التي تقاس من عينة معينة إلى درجة كبيرة على ورق الترشيح المستخدم. ورق الترشيح من الصوف الزجاجي يستخدم لقياس المواد الصلبة العالقة لعدة سنوات كما أنه من المحتمل استمرار استخدامه في

المستقبل. كمية المواد الصلبة المتبقية هي دلالة لقطر الفتحات في ورق الترشيح والذي ما زال بدون مواصفات قياسية حتى الآن هذا بالإضافة إلى أن كمية المواد الصلبة العالقة التي يتم قياسها من عينة تتوقف على الخواص الطبيعية للمادة العالقة، سمك مادة الترشيح وكمية الحالة الطبيعية للمادة المتبقية على مادة الترشيح. هذا بالإضافة إلى أنه تعين أن وجود تركيزات عالية من المواد غير العضوية المذابة في العينة يمكن أن يزيد من المواد الصلبة العالقة الكلية. ففى مثل هذه الحالات فإن غسيل ورق الترشيح بحجم معين من المياه المقطرة قبل سحبها من جهاز الترشيح يمكن أن يصحح هذه المشكلة بغسيل المواد المذابة خلال ورق الترشيح. ولكن فى بعض الأحيان يمكن أن يسبب هذا الغسيل بالماء المقطر فى إزالة بعض المواد الصلبة العالقة الصغيرة جداً بما يسبب إنخفاض فى تركيز المواد الصلبة العالقة. ولذلك فإن عملية الغسيل هذه يجب أن يتقرر استخدامها فى كل حالة على حدة.

المواد الصلبة المتطايرة والمواد الصلبة الثابتة:

المواد الصلبة المتطايرة هي المواد المتطايرة فى المتبقى الذى لم يمر من ورق الترشيح، أما المواد الصلبة الثابتة فهي المواد الثابتة (غير المتطايرة) فى الراسب المتبقى على ورق الترشيح. هذه النوعيات من المواد الصلبة العالقة الكلية يتم تعيينها بالترشيح فى قرص ٢٠,٢٥ سم (٩,٠ بوصة) لعينة كافية لتترك ٢٠٠ جرام من المتبقى (مادة صلبة)، تجفيف المتبقى حتى الوزن الثابت لتعيين إجمالى المواد الصلبة العالقة، ثم حرق المتبقى عند درجة ٥٥٠°م. ووزن المتبقى بعد الحرق هو المواد الصلبة الثابتة (الجزء الذى لا يتطاير). الفرق بين المواد الصلبة الثابتة وإجمالى المواد الصلبة العالقة هو الجزء الذى يمثل المواد الصلبة المتطايرة. ففى

حالة الحمأة حيث اللزوجة العالية فإنه يتم تعيين إجمالي المواد الصلبة العالقة المتطايرة بتعيين إجمالي المواد المتبقية أو إجمالي المواد الصلبة المتطايرة.

طرق الإزالة للمواد الصلبة العالقة:

إختيار الطرق لإزالة المواد الصلبة العالقة يبنى على أساس الآتى:

- درجة الإزالة المطلوبة.
- تركيز المواد الصلبة فى مياه الصرف.
- التركيز النهائى المطلوب.
- حجم الأجسام العالقة، قابليتها للترسيب، وطبيعة الترسيب الحر أو بالمروبات.

التقنيات المستخدمة عادة لإزالة المواد الصلبة العالقة من التدفقات ذات المحتوى من المواد الصلبة العالقة أقل من ١% (١٠٠٠٠ ملجرام/لتر) يمكن تصنيفها طبقا للآتى: لكل آلية للإزالة يتم كذلك تناول الطريقة المستخدمة فى المعالجة المسبقة.

- استخدام المصافى: وتشمل مصافى القضبان، المصافى صغيرة الفتحات.
- الإزالة بالجاذبية وتشمل:
- إزالة الرمال بالترسيب.
- الترسيب الحر بدون استخدام كيماويات الترويب.
- الترسيب باستخدام كيماويات الترويب.
- الطفو (إما باستخدام الهواء المذاب أو الهواء الحثى (Induced) الذى يصاحبه عادة مساعدات ترويب.

- الترشيح: باستخدام الوسط الترشيحي الحبيبي أو باستخدام وسط ترشيحي مغطى بطبقة من مساعدات الترشيح من مواد التربة الدياتومية (Diatomaceous Earth).

١ - الإزالة باستخدام المصافي: (*Removal By Straining*)

تستخدم المصافي الكبيرة الفتحات وذات الفتحات الصغيرة في إزالة المواد الصلبة من مياه الصرف بحجزها. المصافي ذات الفتحات من ٣ ملمتر (٠,١٢٥ بوصة) أو أكثر تصنف كمصافي كبيرة الفتحات، بينما المصافي ذات الفتحات المطلوب أقل من ٣ ملمتر تصنف كمصافي ذات الفتحات الصغيرة. إتساع الفتحات المطلوب يتحدد طبقاً للغرض من المصفاة، العمليات التالية للحجز بواسطة المصفاة، قفز الحبيبات التي يمكن للمصفاه حجزها بكفاءة.

المصافي ذات الفتحات الكبيرة: (*Coarse Screens*)

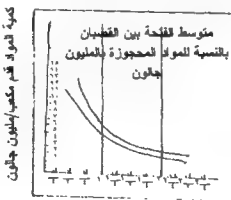
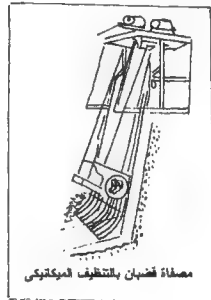
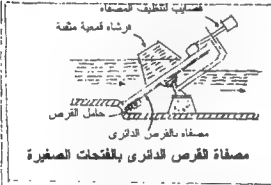
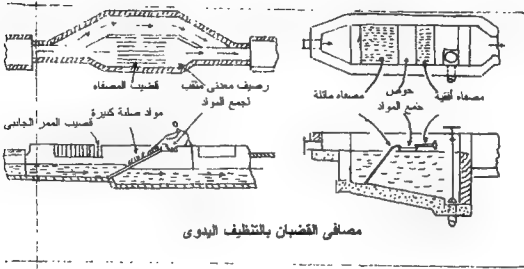
أكثر أنواع المصافي ذات الفتحات الكبيرة استخداماً هي مصافي القضبان (Bar Screens) والتي تستخدم أساساً لحماية المعدات تحت التيار من التلف أو خفض الكفاءة لوجود المواد الصلبة الطافية. تنشأ مصفاة القضبان في قناة بزواوية ١٠ - ٩٠ درجة مع التدفق. الزاوية الأفقية للحادة هي تحت التيار. الاعتبارات التصميمية تشمل أبعاد القناة، الفواصل بين القضبان، عمق التدفق في القناة، طريقة النظافة، طرق التحكم. يجب أن يوفر تصميم القناة سرعة تدفق من ٠,٣ إلى ٠,٩ متر في الثانية (١ إلى ٣ قدم/الثانية) ذلك لتجنب الترسيب في القناة، وكذلك لمنع المواد الصلبة العالقة من أن يتم حجزها بقوة بين القضبان. يجب أن تكون الفواصل بين القضبان متساوية حيث تكون من ٢٥ - ٥٠ ملمتر (١ - ٢ بوصة).

الفقد في الضغط خلال المصفاه سيتغير طبقاً لكمية وطبيعة المواد المحتجزة. تتراوح القيم التصميمية ما بين ٠,٢ إلى ٠,٨ متر بالنسبة للمصفاه النظيفة والتي يكون بها إندداد جزئى. الفقد في الضغط الناتج عن المصفاه النظيفة يمكن حسابه من بيانات التدفق والمساحة المؤثرة لفتحات المصفاه (أى مجموع الفتحات العمودية للمصفاه).

نظافة مصفاه القضبان يمكن أن تكون يدوياً أو ميكانيكياً. النظافة اليدوية قد تكون مكلفة فى النظم الصغيرة، ولكن النظافة من آن إلى آخر قد ينتج عنها اضطراب (Surges) لسرعة عالية والذي يقلل من كفاءة مصفاه القضبان. ينفذ التنظيف الميكانيكى باستخدام زحافات (Rakes) على سلاسل أو كوابل غير نهائية، يمكن نظافة المصافى إما من الأمام أو من الخلف شكل (٥/٥). يتم تشغيل الزحافات بمحرك كهربى والذي يتم حمايته بتجهيزات (Overload). تتحرك الزحافة فوق وبين القضبان، حيث ترفع المواد التى يتم إصطيادها إلى رصيف علوى فوق المنشأة. بعض المصافى تجهز بقضبان منحنية والتي يتم تنظيفها باستخدام زحافة دوارة. التحكم فى النظافة الميكانيكية يمكن أن يكون بواسطة ضوابط ميكاتية، أو بالتشغيل الميكانيكى طبقاً للفرق فى الضغط. التشغيل الميكانيكى يقلل من تكاليف العمالة، يوفر تدفق مستمر بحالة أفضل، يوفر حجز أفضل، يقلل من المضايقات.

المصافى ذات الفتحات الصغيرة: (Fine Screens)

المصافى ذات الفتحات الصغيرة الأكثر استخداماً هي المصفاه الأسطوانية الدوارة (Rotary Drum Screen)، المصفاه الهزازة، المصفاه المماسية (Tangential Screen)، والتي تستخدم لإزالة الجسيمات الصغيرة غير المروبة وكذلك غير الغروية أو الهلامية.



شكل (٥/٥) أنواع المصافي وكفاءة الحجز

مصفاة الأسطوانة للدوارة التي تنشأ على القناة وتعمل شبه مغمورة، ولها مصفاة دائرية دوارة والتي تدور حول محور أفقى شكل (٥/٧). كقاعدة يدخل السائل من مركز الأسطوانة ويتدفق محيطيا خلال المصفاة، ترسب المواد الصلبة على نسيج المصفاة. أحيانا يتدفق هذا السائل من المحيط الخارجى للأسطوانة حيث ترسب فى قادوس لسحب المياه منها (Dowatering) والتخلص النهائى، والاستعادة المواد الوسيطة. أما فى حالة التدفق من الخارج فإن المواد الصلبة تحجز على السطح الخارجى للأسطوانة حيث يتم إزالتها بربش القصابية. كما يستخدم دفع الماء (Water Jets) لتنظيف المصفاة ولمنع الإنسداد. التنظيف يمكن أن يكون مستمرا أو متقطعا. يمكن استخدام الغسيل العكسى بزيادة الفرق فى الضغط (فقد الضغط). أحد مميزات الأسطوانة الدوارة هى الفقد القليل فى الضغط أو متطلبات طاقة التشغيل. الفقد فى الضغط خلال المصفاة يشمل الدخول والخروج يختلف ما بين ٣٠٠ إلى ٤٠٠ مليمتراً (١٢ إلى ١٩ بوصة). الفقد فى الضغط خلال المصفاة نفسها يجب ألا يزيد عن ١٥٠ مليمتراً (٦ بوصة). تصنع المصافى عادة من الصلب المقاوم، برونز المنجنيز، نيلون البولى إستر، أو نسيج من أسلاك سبيكة. الفتحات تختلف عادة من ٠,٠٢ إلى ٣ مليمتراً (٠,٠٠٠٨ - ٠,١ بوصة). لانتوقف الإزالة الكلية للمواد الصلبة على قطر الفتحات، حيث طبقة المواد الصلبة المحتجزة توفر الآلية الميكانيكية لإزالة الحبيبات الصغيرة. قطر الأسطوانات يتراوح من ٠,٩ إلى ١,٥ متر (٣ إلى ٥ قدم)، الطول من ١ إلى ٤ متر (٤ إلى ١٢ قدم)، معدل الدوران هو تقريبا أربع لفات فى الدقيقة.

المصافى من النوع الدوار المجهزة بمصفاة أو نسيج بفتحات ما بين ٠,٠٣، ٠,٠٩ ميكرومتر/المليمتراً المربع (٢٠، ٦٠ ميكرومتر / البوصة المربعة) تستخدم كذلك فى الحجز الميكرونى (Micro Straining). مثل هذه المعالجة لازالة المواد الصلبة تستخدم عادة فى التشطيب النهائى (Final Polishing) وليس فى المعالجة المسبقة.

النوع الآخر من المصافي هو المصافي الثابتة أو المماسية:

Tangential or Static Screens

وهذا النوع من المصافي يعتبر من المصافي صغيرة الفتحات المستخدمة في المعالجة المسبقة لإزالة المواد الصلبة شكل (٥/٥). تتكون المصفاة من سطح مقعر يكون من عدة قضبان بفواصل متساوية عمودية على إتجاه تدفق المياه، عادة الفواصل ١,٥ ملليمتر (٠,٠٦ بوصة). فوق المصفاة يوجد صندوق تمرير على طول عرض المصفاة بمدخل، يمكن استخدام حائل (Baffle) لخفض اضطراب التدفق على المصفاة. المواد ذات الحجم الزائد تتحرك على سطح المصفاة حيث تجمع ويتم صرفها عند القاع بطرق مختلفة (مثال: في حوض باستخدام ناقل حلزوني). يمر السائل خلال المصفاة حيث يتم صرفه خلال مخرج منفصل. بالإضافة إلى كونها ذات التنظيف الذاتي فإن المصفاة الثابتة أو المماسية لها ميزتين وهما التهوية لمياه الصرف وعدم وجود أجزاء متحركة. قد تحتاج المصفاة إلى الغسيل اليومي لمدة حوالي خمسة دقائق بالبخر أو بالماء الساخن لمنع التراكم والتعمية بالشحومات. عادة تكون الوحدة من الصلب المقاوم ولكن في حجره (Housing) من الصوف الزجاجي.

المصفاة الهزازة: Vibratory Screen

المصافي الهزازة مفيدة في الصناعات المستخدمة لكميات كبيرة من المياه. كمثل في الصناعات الغذائية، حيث سحب المياه من المواد الصلبة (Dewatering) يكون مطلوب إما للصرف أو لاستعادة المادة الوسيطة. يوجد نوعين أساسيين من المصافي الهزازة: وهما تلك ذات التغذية المركزية وذات النهاية المستطيلة للتغذية، يتم صرف المواد الصلبة في حلزون في إتجاه المركز (Center) أو المحيط. في النوع الثاني، تصرف المواد الصلبة على طول المصفاة في إتجاه النهاية المنخفضة.

٢ - الإزالة والتخلص بالجاذبية:

يمكن إزالة المواد الصلبة العالقة بالجاذبية، وذلك طبقاً لإستعداد الأجسام الصلبة لترسب أو تطفو في حالة السكون. حيث المواد ذات الكثافة الأكبر من كثافة الماء ترسب وتلك ذات الكثافة أقل من كثافة الماء تطفو.

أ- إزالة الرمال: (Grit Removal)

الرمال هي مواد صلبة غير متعفنة ذات سرعة رسوب أكبر من المواد الصلبة المتعفنة. توجد طريقتين للإزالة وهما التحكم في السرعة والتهوية، في حالة إستخدام التحكم في السرعة لإزالة الرمال، فإنه يتم ذلك بضبط مقطع قناة التدفق تحت التيار بما يوفر سرعة تدفق ثابتة تقريباً خلال مرحلة التدفق حيث يتغير عمق التدفق في القناة مع التغير في الحجم. تجهيزات التحكم مثل الهدارات النسبية (Proportional Sutroweirs) التي توضع فوق السطح السفلى لقناة التدفق بمسافة ١٥ - ٣٠ سم (٦-١٢ بوصة) وذلك لتوفير الحجز للرمال ومنع إعادة حركة وتعلق الرمال المترسبة ثانياً.

السرعة هي حوالي ٠,٣ متر في الثانية (١ قدم في الثانية) والتي توفر الترسيب للرمال ولكنها في نفس الوقت تحمل الأجسام الخفيفة من المواد العضوية كما تعمل على إعادة حركة وتعلق الذي يرسب منها. النظافة عموماً تتم بالطرق الميكانيكية حيث تتم باستخدام ساعات ميكانيكية. لا يوصى باستخدام المعدات ذات الحركة المستمرة لتجنب البرى والتلف بفعل الرمال.

يمكن كذلك استخدام يثق الهواء (Diffused Air) في حوض حجز الرمال لإزالة الرمال. حيث الأجسام الثقيلة ترسب والأجسام العضوية الخفيفة تطفو بفعل الهواء. معدلات الهواء الموصى بها هي ٥-١٢ لتر في الثانية لكل متر طولى من

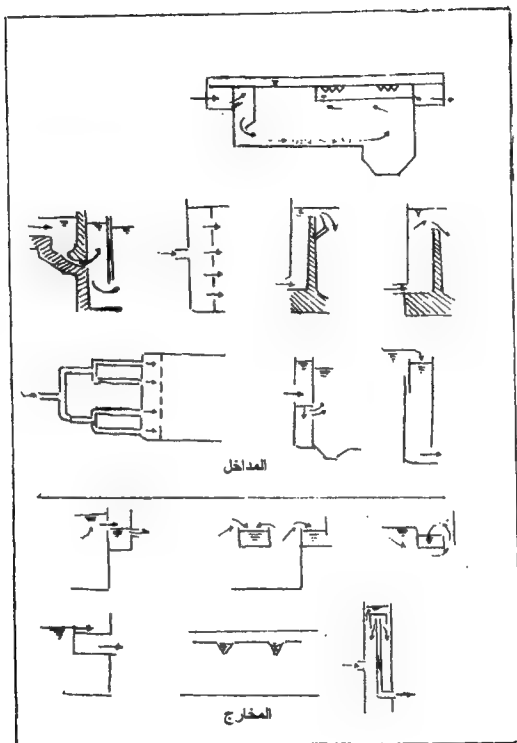
الحوض (٣ إلى ٨ قدم مكعب/الدقيقة/القدم) مع مراعاة توفير متطلبات التغير فى تدفقات الهواء. المعدلات العالية يجب أن تستخدم فى الأحواض ذات المقطع الكبير. زمن المكث للإزالة المؤثرة يتراوح ما بين ٣،١ دقائق عند أقصى معدلات التدفق. يجب أن يصمم مدخل ومخرج غرفة (حوض) حجز الرمال لمنع قصر المسافة شكل (٥/٦). يجب دخول المياه مباشرة إلى حالة الدوران الناتجة عن بثق الهواء، كما يجب أن يكون المخرج بزاوية عمودية نسبة إلى المدخل. يجب تجنب المساحات الميتة وذلك من خلال التصميم الهندسى لجمع الرمال ومعدات بثق الهواء. يوصى باستخدام التنظيف الميكانيكى.

تتأثر سرعة الترسيب بحجم وكثافة حبيبات الرمال وكذلك بدرجة الحرارة لمياه الصرف. يبنى التصميم على أساس كثافة الرمال ٢,٦٥ ودرجة حرارة مياه الصرف ١٦°م. ولكن مياه الصرف قد تختلف كثيرا عن هذه الخواص. تصمم كلا من أحواض حجز الرمال بالترسيب وبالتهووية على أساس التدفقات عند الذروة لتوفير الانتظام فى إزالة الرمال خلال مجال متسع من التدفق.

٣- الترسيب الحر : (Plain Sedimentation)

فى الترسيب الحر يتم الاحتفاظ بالسائل فى مرحلة ترسيب حر طويلة بما يكفى لترسيب المواد الصلبة العالقة ذات سرعة الترسيب البطيئة. وهذه المواد الصلبة العالقة تكون ذات كثافة نوعية أقل من كثافة الرمال ولذلك تتطلب وقت أطول لترسب.

المعايير التصميمية تشمل المساحة السطحية لحوض الترسيب، زمن المكث، عمق الحوض، معدل التدفق خلال الهدار.

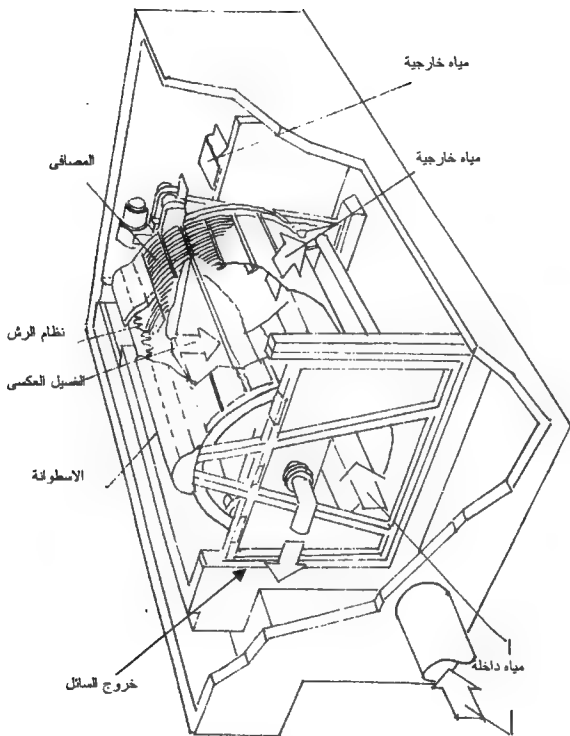


شكل (٥/٦) للمداخل والمخارج لأحواض من الترسيب

معدل التحميل المسطحى هو معدل مياه الصرف خلال المساحة السطحية لحوض الترسيب. القيم المثالية هي من ٢٤ إلى ٣٣ متر مكعب/المتر المربع فى اليوم (٦٠٠ إلى ٨٠٠ جالون / القدم للمربع فى اليوم) عند معدل تدفق متوسط. بعد تعيين المساحة السطحية للحوض فإنه يمكن تعيين زمن المكث بعمق الحوض. أحواض الترسيب الأولية عادة تتطلب زمن مكث من ٩٠ إلى ١٥٠ دقيقة عند متوسط معدلات التدفق. يتراوح عمق الحوض ما بين ٢ إلى ٥ متر (٦ إلى ١٥ قدم) والمستخدم عادة هو ٤ متر (١٢ قدم). يكون من الضروري توفير العمق الكافى لمنع إعادة الحمل على طول قاع الحوض وكذلك لتجميع المواد الصلبة المترسبة، ولكن المبالغة فى مكث المواد الصلبة المترسبة يمكن أن ينتج عنه حالة لاهوائية. تحميل الهدار الموصى به هو تقريبا ١٢٤ متر مكعب/اليوم للمتر الطولى (١٠٠٠ جالون/ اليوم / القدم) عند تدفق متوسط.

إنشاءات الحوض فى حالة المعالجة المسبقة لمياه الصرف قد تختلف ما بين الحفر فى التربة إلى منشأ خرسانى أو من الصلب. شكل الحوض يمكن أن يكون دائرى أو مستطيل. ملحق (هـ) بعض نماذج لأحواض الترسيب.

الأحواض الدائرية يمكن تغذيتها من المنتصف أو أن تكون التغذية محيطية فى حالة المروق بالتغذية من المنتصف (من المركز) شكل (٥/٧) فإن المياه الداخلة إلى البئر الدائرى تتوزع بالتساوى فى جميع الإتجاهات. تجهيزات النظافة (أو قصابية الحماية الرأسية ذات ٢-٤ ذراع) تحمل من عامود الإدارة المركزى وتدور ببطى. كذلك يمكن أن يحمل على الأزراع ريش كشط المواد الطافية. تصميم التغذية المحيطية تشمل وجود حائل (Baffle) دائرى محمل قريبا من جدار الحوض. تدخل المياه مماسة إلى أسفل ثم تتدفق فى شكل حلزونى حول الحوض. المياه الرائقة تتدفق خلال هدار مركزى والخبث والدهون تظل على سطح الفراغ المحيطى.



شكل (٥/٧) المصفاة دقيقة الفتحات

تصمم الأحواض المستطيلة بقنوات دخول عبر نهاية المدخل وقنوات خروج المياه عند المخرج. معدة إزالة المواد المرسبة (الحمأة) يمكن أن تكون زوج من الناقلات اللانهاية أو السلاسل الملتصق بها زحافات خشبية. الزحافات والسلاسل تتحرك على طول قاع الحوض بسرعة بطيئة ما بين ٠,٠١ إلى ٠,٠٢ متر فى الثانية (٢-٤ قدم فى الدقيقة) حيث تجمع المواد الصلبة المترسبة فى قوادرى. هذا بالإضافة إلى أن الخبث الطافى يتم تحريكه بواسطة الألواح الخشبية العائدة حيث يجمع عند نهاية الحوض.

التجهيزة التبادلية للنظافة هى الكوبرى المتحرك أعلا وأسفل الحوض على قضبان محملة على الحوائط الجانبية. للكوبرى واحد أو أكثر من ريش القصبائية والتي ترتفع فوق الحمأة عند رحلة العودة. يمكن كذلك إزالة الخبث الطافى برش الماء أو بالقصبائيات المتصلة بالكوبرى.

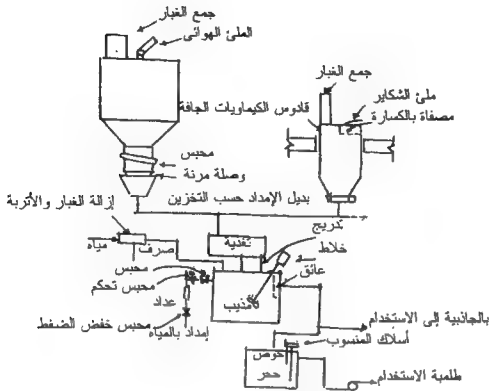
٤- الترويب الكيماوى: (Chemical Coagulation)

يمكن زيادة كفاءة الترسيب بالجاذبية بإضافة الكيماويات إلى مياه الصرف وذلك لالتصاق أو تجمع المواد الصلبة العالقة صغيرة الحجم والجيلاتينية أو الهلامية لتكون فى شكل زغبات عالقة (Floc's) أكبر يمكن التخلص منها بالترسيب أو الترسيخ. يحدث الترغيب الذاتى (Flocculation) بالخلط فقط بينما الترغيب الحثى يحدث (Induced) من الإضافة لكيماويات الترويب ويليهما الخلط. الكيماويات المستخدمة هى كيماويات الترويب ومساعدات الترويب. كيماويات الترويب عبارة عن كيماويات أيونية بسيطة (Simple Electrolytes) تنذب فى الماء، وهى مواد غير عضوية ذات وزن جزيئى منخفض حامضية أو قلوية أو من الاملاح المتعادلة. أكثر الكيماويات إستخداما كمرويات هى أملاح الألومنيوم والحديد والكالسيوم وبالتحديد الآتى:

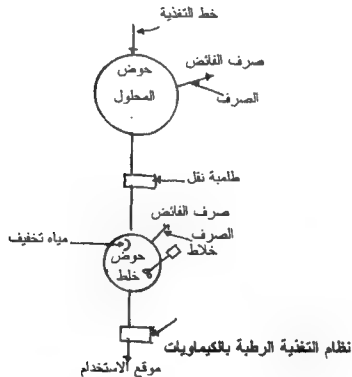
الجير المطفى $(Ca(OH)_2)$ ، الشبه $AL_2(SO_4)_3$ ، كلوريد الحديدىك $(FeCl_3)$ ، كبريتات الحديدوز $Fe_2(SO_4)_3$ ، ألومينات الصوديوم $(NaAlO_3)$. أما بالنسبة لمساعدات الترويب فهى تشمل جزئيات عضوية ذات التسلسل الطويل من البلمرات أو الإلكتروليت. كما أن البولوى اليكتروليتس (Polyelectrolytes)، البنئونايت، السيليكا المنشطة من مساعدات الترويب المستخدمة عادة. أفضل طريقة مؤثرة ومفيدة لتعيين المروب أو مادة مساعدات الترويب لتعيين الجرعة وكذلك أفضل رقم هيدروجينى هو بعمل الإختبار القياسى للقيينه (Jar Test) مع قياس جهد زيتا (Zeta Potential) لمياه الصرف شكل (٤) الملحق (أ) مكونات نظام إضافة الكيماويات يشمل إمكانيات التخزين للكيماويات، تغذية الكيماويات، خلط الكيماويات، الخلط السريع للكيماويات مع الصرف، الترغيب.

تصمم نظم التغذية بالكيماويات للكيماويات الجافة، المحاليل السائلة. المروبات فى الشكل الجاف يتم تحويلها عادة إلى المحلول أو المستحلب قبل خلطها مع مياه الصرف. بعض المروبات مثل كبريتات الألومنيوم (الشبة) غير عدوانية فى الحالة الجافة ولكنها تصبح عدوانية فى الحالة السائلة، لذلك فإن معدات تداول هذه الكيماويات يجب أن تكون مقاومة للتآكل. (الكيماويات المستخدمة فى المعالجة الكيماوية ملحق (هـ)).

التغذية الجافة بالكيماويات شكل (٥/٨) تتكون من القادوس، مغذى، حوض للإذابة، كما يجب أن يراعى فى التصميم خواص الكيماويات المستخدمة وأدنى وأقصى تدفق لمياه الصرف. بعض الكيماويات تتطلب التقليب أو الإهتزاز لتوفير استمرار التدفق. التغذية الجافة يمكن أن تكون حجمية أو وزنية. تستخدم التغذية الوزنية عندما تكون الدقة مطلوبة. البلمرات يصعب إذابتها ونظرا لإختلاف خواصها فإنه لا يوجد نظام موحد للإذابة والتغذية، ولذلك فإن المنتج هو الذى يفيد فى هذا المجال. ولكن النظام الأكثر شيوعا هو حوض الإذابة المجهز بخلاط وظلمبة قياس. كما يلزم بلل المسحوق قبل دخوله إلى الحوض لإختصار زمن الخلط.



نظام التغذية بالكيماويات الجافة



شكل (٥/٨) التغذية للجافة والتغذية للرطبة بالكيماويات

في نظام التغذية السائلة تستخدم طلمبة أو السحب الدوار (Rotating Dipper) للكيماويات ذات الثبات والتي يتم التغذية بها في الحالة السائلة، أو في حالات عدم الرغبة في تداول الكيماويات الخطرة أو المسببة للأتربة أو عندما تكون المادة الكيماوية متاحة فقط في الحالة السائلة. الطلمبات المستخدمة عادة هي ذات الدافس (Piston)، ذات الرداخ موجبة الإذاحة، وطمبات الرداخ المتوازن (Balanced). التحكم في التغذية بالكيماويات يمكن أن يكون يدوي، بالتحكم الآلي طبقاً لمعدل التدفق، أو كلا الطريقتين.

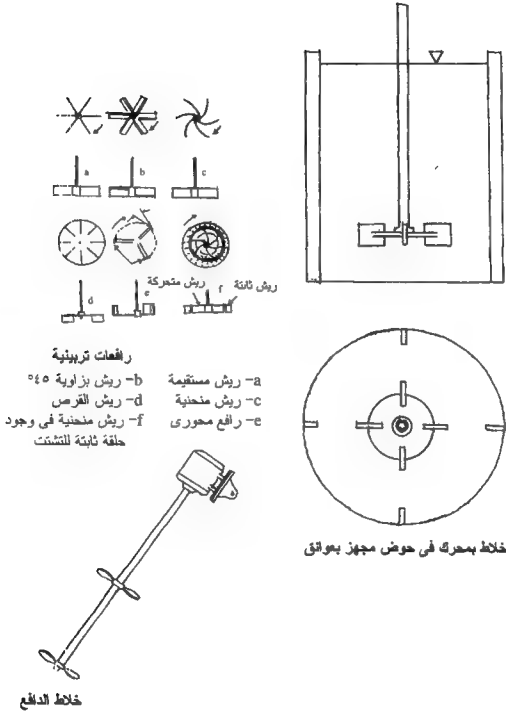
من الأهمية البالغة سرعة إنتشار المادة الكيماوية خلال مجرى التدفق لمياه الصرف لتوفير التقلب الكافي وزمن الخلط، حيث يتم ذلك عادة في أحواض الخلط كما أن خطوط سحب وصرف الطلمبات استخدمت كذلك بنجاح.

يتم الخلط السريع بخلط مجهز بريش الخلط بعيداً عن مركز حوض الخلط يلي الخلط السريع الخلط البطيء حيث تسمح مساحة الخلط البطيء بتكون الزغبات نتيجة تجمع الجسيمات الصغيرة جداً. زمن المكث للترغيب يكون ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة عند تصميم التدفق.

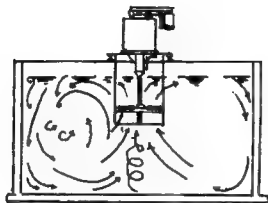
الطاقة اللازمة لإحداث التدرج المطلوب في السرعة للترغيب يمكن توفيرها بالطرق الهيدروليكية أو الميكانيكية أو باستخدام الهواء. بفضل استخدام التقلب الميكانيكي، حيث أنه يوفر توزيع منتظم للطاقة بما يحد من حدوث ثقبت للزغبات المتكونة. أشكال (٩، ١٠، ١١، ١٢/٥).

٥- الطفو: (Flotation)

الطفو هو العملية التي بها نفصل المواد الصلبة العالقة أو الأجسام السائلة (كالزيوت) عن المجال السائل. (يتم الرجوع إلى فصل مناقشة الطفو لإزالة الزيوت). العوامل التي يجب مراعاتها عند التصميم تشمل ضغط التشغيل، نسبة الهواء إلى المواد الصلبة، زمن المكث لعملية الطفو، التحميل الهيدروليكي السطحي. يتم عمل الاختبار النصف صناعي (Pilot Testing) لتوفير البيانات التصميمية الصحيحة وخاصة في حالة مياه الصرف الصناعي.



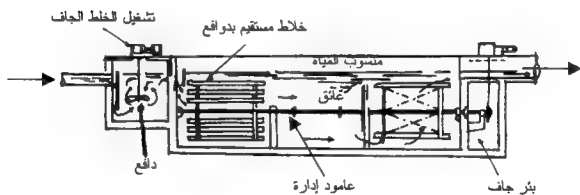
شكل (٥/٩) تجهيزات الخلط السريع



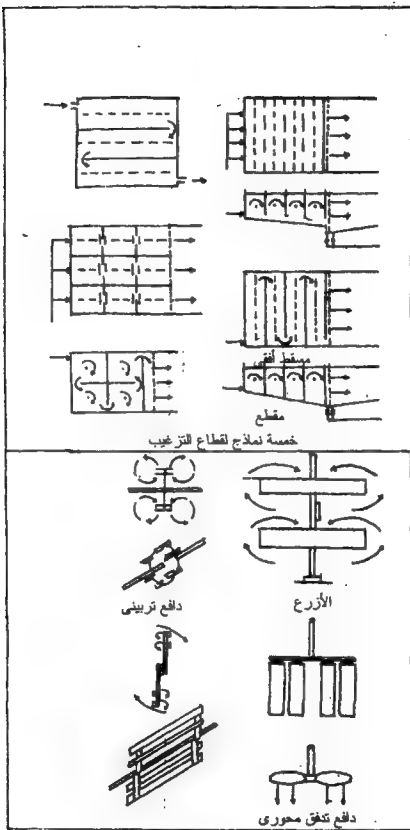
مزغب تربييني رأسي



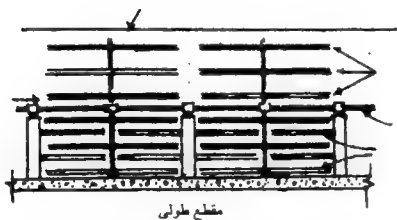
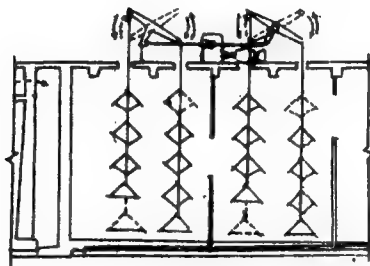
خلاط تربييني بعامود إدارة عمودي يليه تزغيب أفقي



شكل (٥/١٠) الخلط البطيء



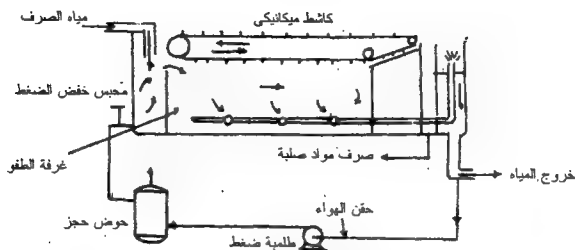
شكل (٥/١١) فلاتات الترغيب الميكانيكي



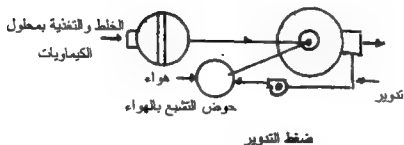
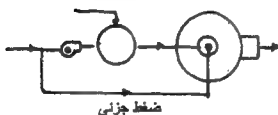
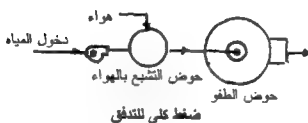
شكل (٥/١٢) مزغب الأزرع للدوارة

توجد طريقتين للطفو وهما الطفو بالجاذبية، الطفو بالهواء المذاب. الطفو بالجاذبية هو الميل الطبيعي للمواد الصلبة العالقة خفيفة الوزن والتي تسمى الخبث (Scum) للطفو على سطح السائل. هذه الظاهرة الطبيعية تستخدم في حالة الترسيب. الطفو بالهواء المذاب حيث يتم حقن فقاعات الهواء الصغيرة في السائل. الفقاعات التي تلتصق مع أو تحتجز الجسيمات العالقة، حيث تطفو إلى السطح مكونة طبقة يمكن إزالتها بعملية الكشط. مكونات الطفو بإذابة الهواء تشمل طلمبة ضغط، حوض حجز، محبس خفض الضغط، معدة حقن الهواء. وحوض طفو شكل (١٢)، ١٣، ٥/١٤ يوجد نوعين من الطفو بالهواء المذاب. أحدهما بضغط تدفقات مياه الصرف مع الهواء عند ١٠٠ إلى ٣٠٠ كيلوبار (١-٣ ضغط جوى) ثم التحرر من الضغط إلى الضغط الجوى. الهواء المذاب الزائد عن التشبع عند الضغط الجوى عندئذ يتحرر في شكل فقاعات صغيرة. والآخر هو الطفو بالتفريغ (Vacuum Flotation)، حيث يتم بتوفير تفريغ جزئى لمياه الصرف التى تشبعت بالهواء. التفريغ يقلل من إذابة الهواء، والذي ينطلق في شكل فقاعات صغيرة. الطفو بالتفريغ أكثر صعوبة كما أنه ينتج مياه معالجة ذات نوعية أقل نسبة إلى الطريقة الأولى، لذلك فإنها لا تستخدم عادة.

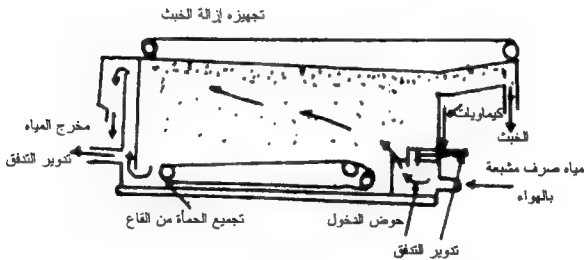
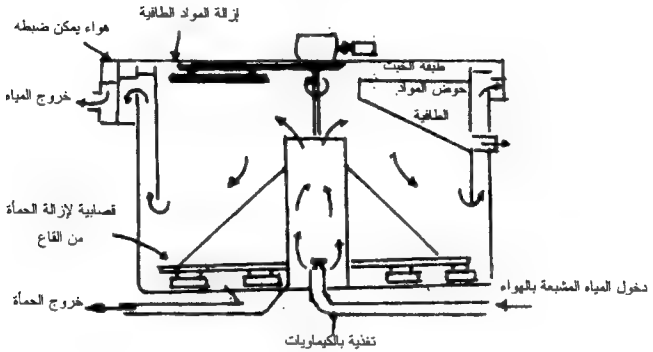
إضافة الكيماويات والتي تسبق أحيانا الترسيب والطفو قد تساعد فى إزالة المواد الصلبة العالقة. الكيماويات غير العضوية مثل الشبة وكلوريد الحديدك تساعد على تكون الزغبات. بعض الكيماويات العضوية تساعد على الطفو للمواد الصلبة العالقة وذلك بتغيير خواص السطح للمادة الصلبة. عندئذ فإن السائل أو فقاعات الهواء يساعد على التصاق فقاعات الهواء على المواد الصلبة العالقة.



شكل (٥/١٢) المكونات الرئيسية لوحدة الطفو بالهواء المذاب وتشمل طلمبة ضغط، حوض حجز، محبس خفض الضغط، حوض حقن الهواء، حوض ضغط



شكل (٥/١٣) مختلف درجات ضغط الحوض تتوقف على طبيعة المخلفات المطلوب إزالتها



شكل (٥/١٤) وحدات الطفو بالهواء الاسطوانية والمستطيلة

فى حالة إستخدام الإضافات الكيماوية للمساعدة فى تكوين الزغبات فإنه يفضل إستخدام حقن الهواء مع تدفقات تدوير المياه الخارجية. بعد إضافة الهواء المضغوط، فإنه يتم جمع هذه التدفقات فى حوض مكث (Retention Tank) لفترة طويلة كافية لإذابة الهواء. تتدفق مياه الصرف بعد ذلك خلال محبس خفض الضغط إلى حوض الطفو، المعد لجمع وإزالة المواد الصلبة التى ترسب وكذلك تلك التى تطفو.

٦ - الإزالة بالترشيح: (Removal by Filtration)

يمكن استخدام الترشيح كعملية معالجة مسبقة لإزالة المواد الصلبة العالقة وخاصة عندما يكون المطلوب الحصول على مياه ذات محتوى منخفض من المواد الصلبة العالقة. الترشيح للمياه بعد المعالجة الأولية يزيل المواد الصلبة العالقة بكميات تعادل تقريباً الجزء الغير هلامى من المواد الصلبة العالقة. سيتم تناول الترشيح باستخدام الوسط الترشيحي الحبيبي وكذلك الترشيح باستخدام (Precoat Filtration).

الدراسة التفصيلية للترشيح متاحة فى مرجع تصميم محطات معالجة مياه الصرف.

أ- الترشيح باستخدام الوسط الترشيحي الحبيبي: Granular Media Filtration

الترشيح بالوسط الترشيحي الحبيبي يمكن أن يشمل الوسط الترشيحي بالأحجام المتعددة أو بالحجم الواحد، وكذلك العمليات المستمرة أو المنقطعة للترشيح، وكذلك أنواع مختلفة من التدفق - الترشيح الرملى السريع والبطئ يعتبر غير مناسب لإزالة المواد الصلبة العالقة من مياه الصرف الصناعي بسبب متطلبات الصيانة المرتفعة وسرعة الإندسداد.

إستخدام الوسط الترشيحي المتعدد أو المزدوج هو الأكثر شيوعاً. هذه النظم تتكون من وسطين للترشيح أو أكثر مثل فحم الانثرايث، الرمل، العقيق (Garnet) الذى له كثافة نوعية مختلفة. المرشحات تكون لها مساحات ذات تداخل طبقاً للتدرج فى الحجم والكثافة للوسط الترشيحي المتعدد. المميزات النظرية للوسط الترشيحي المتعدد هو الإنخفاض المنتظم فى المسافة بين الحبيبات (Pore Space) مع زيادة عمق المرشح. حجم وعمق فحم الانثرايث والرمل والعقيق يتغير طبقاً للتحمل وقوة المواد الصلبة المطلوب إزالتها. التحميل السطحي المناسب يتناسب عكسياً مع الأحمال من المواد الصلبة العالقة. هذه الأنواع من المرشحات تتطلب معدلات عالية من الغسيل العكسي.

الإعتبارات التصميمية تشمل معدلات التحميل الهيدروليكي، نوع الوسط الترشيحي، نظام الغسيل العكسي، نظام التجميع والتوزيع، التحكم، تحسين فقد الناتج عن الضغط. يفضل عمل تجارب نصف صناعية لتحسين قابلية مياه الصرف للترشيح. أقصى معدل ترشيح هيدروليكي يبنى على أقصى تدفق والتدفق التصميمي وتدفق مياه الغسيل العكسي من وحدة الترشيح. الأحمال الهيدروليكية تتراوح ما بين ١,٨ - ٦,٨ لتر / المتر المربع فى الثانية (٢,٧ - ١٠ جالون فى الدقيقة لكل قدم مربع). معدل غسيل المرشح يختلف ما بين ١٠ - ١٤ لتر على المتر المربع فى الثانية (١٥ - ٢٠ جالون فى الدقيقة على القدم المربع).

قطر حجم حبيبات الوسط الترشيحي يحدد إختراق المواد الصلبة فى المرشح. فى حالة زيادة قطر حجم حبيبات الوسط الترشيحي فإن المياه المرشحة تكون ذات نوعية متدنية، وفى حالة صغرها فإن المواد الصلبة تتراكم على السطح، بما يعمل على إختصار دورة الترشيح. الوسط الترشيحي بالشكل المستدير هو المفضل، حيث أنه يميل إلى الدوران أثناء الغسيل، ويحرك الحبيبات المجاورة ويحرر المواد الصلبة الملتصقة بسهولة. عمق المرشح يجب أن يكون أكثر من عمق الإختراق

بنسبة ٥٠ - ١٠%. الوسط الترشيحي صغير الحبيبات يجب أن يكون عمقه ١٥٠ ملليمتر (٦ بوصة) أو أكثر وقطر الحبيبات يكون ٠,٣٥ ملليمتر (٠,٠١٤ بوصة). قطر الحبيبات الكبيرة في الوسط الترشيحي لا يزيد عن ٢ ملليمتر (٠,٠٨ بوصة).

عند الغسيل العكسي والنظافة، يحدث تمدد للحبيبات الصغيرة بنسبة ١٠%. من الناحية العملية عملية الترشيح تتطلب تدفق كلى للغسيل العكسي حوالى من ٣١٠٠ إلى ٤١٠٠ لتر / المربع (٧٥ إلى ١٠٠ جالون/القدم المربع)، وهذا التحميل مستقل عن معدل الغسيل العكسي. هذا بالإضافة أن الغسيل بالهواء (Air Scouring) يكون مطلوب عادة حيث أنه يعمل على غسيل وتقليب السطح وما تحت السطح لإزالة كرات الطمي. مياه الغسيل العكسي هي عموماً المياه المرشحة من المرشح.

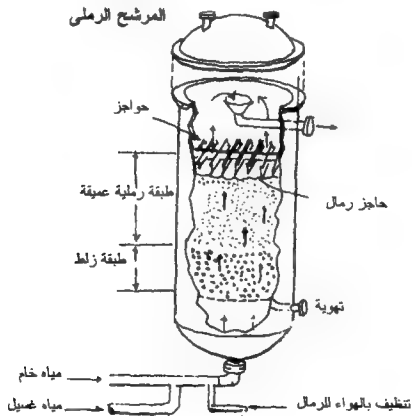
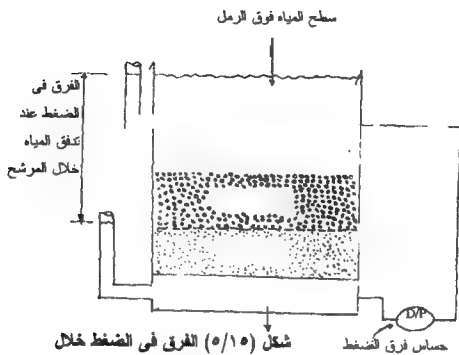
التحكم يمكن أن يكون محلى يدوى، أو يدوى عن بعد (Remote) أو آلى. إشارة التحكم سواء كانت الفقد في الضغط أو عكارة المياه المرشحة، قد تستخدم لإخراج المرشح من الخدمة، وغسله، ثم الترشيح وصرف المياه المرشحة حتى تكون المياه المرشحة بحالة مرضية ثم عودة المرشح إلى الخدمة. النظم التقليدية تشمل نظام صرف سفلى لجميع المياه المرشحة وتوزيع مياه الغسيل العكسي. يجب أن يراعى فى التصميم ضرورة إضافة المروب.

ب- الترشيح بالوسط الترشيحي المغطى: (Precoat Filtration)

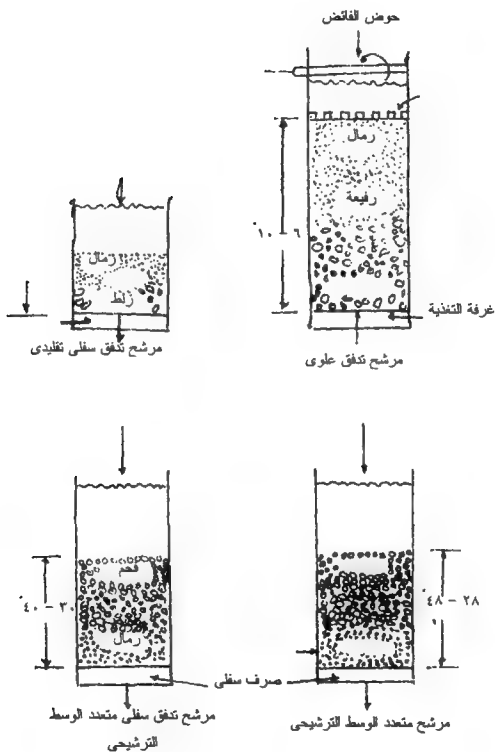
مرشح الوسط الترشيحي المغطى هو أسطوانة دوارة - (Rotary Drum) عادة تستخدم لترشيح مياه الصرف المحتوية على مواد صلبة صغيرة الحجم أو هلامية والتي يمكن أن تحدث إنسداد فى المرشح. الوسط الترشيحي يكون مغطى بطبقة مسامية من مساعد الترشيح مثل مواد التربة الدياتوميّة (Diatomaceous Earth). عندئذ يتم ترشيح مياه الصرف تاركاً طبقة رقيقة من المواد الصلبة. هذه المواد الصلبة والطبقة المسامية من مساعد الترويب يتم كشطها من الأسطوانة، مع

استمرار تعرض سطح جديد من المادة المسامية لمياه الصرف. مرشح الوسط الترشيحي المغطى قد يعمل كذلك بالضغط في حالة النوع الذي يعمل بالضغط، فإن مخلفات المواد الصلبة ومساعد الترويب المتجمع يزال من أن إلى آخر عند الضغط الجوى بينما تدور أسطوانة المرشح مع مساعد الترشيح.

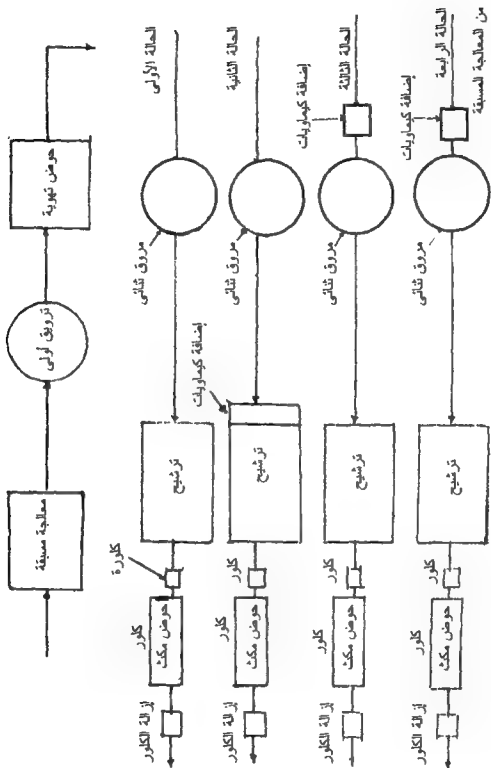
الأشكال أرقام (١٥، ١٦، ١٧، ١٨، ١٩/٥).



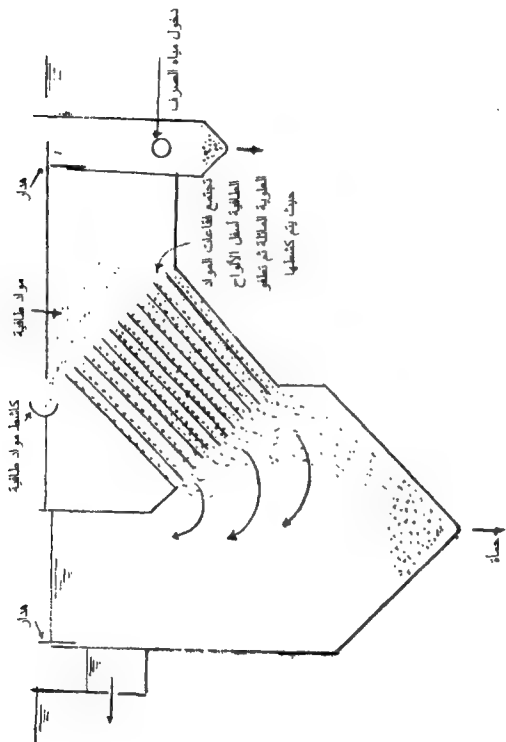
شكل (٥/١٦) مرشح التدفق العلوي



شكل (٥/١٧) أنواع المرشحات



شكل (٥/١٨) أربع نماذج ممكنة لاستخدام المرشحات في إزالة المواد الصلبة العالقة



شكل (٥/١٩) حوض فصل المواد الطافية والعائلة بالأسطح المائلة

الفصل السادس

التعادل Neutralization

١- التعادل بضبط الرقم الهيدروجيني (pH)

إن تصحيح الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الصناعي شديدة الحموضة أو شديدة القلوية يعتبر إجراء أساسى قبل الصرف على شبكات الصرف وقبل المعالجة البيولوجية أو المعالجة الكيميائية أو الطبيعية. مياه الصرف شديدة الحموضة أو القلوية قد تسبب تلف كبير لأداء وكفاءة العمليات وكذلك لنظم المعالجة وجمع المياه.

إقتصاديات ضبط الرقم الهيدروجيني تتطلب المفاضلة بينها وبين التخفيف. بالإضافة إلى أن ضبط الرقم الهيدروجيني يتطلب أن يؤخذ فى الاعتبار التفاعلات الضارة التى قد تحدث فى شبكة التجميع كنتيجة لإضافة الكيماويات. لذا فإن عملية التعادل أكثر من أن تكون مجرد حساب كمية المواد المساعدة فى التعادل لمياه الصرف.

عملية التعادل الناجحة تتطلب الإختبارات اللازمة لنجاح التصميم والإقلال من المخلفات. وقبل التصميم الميكانيكى فإنه يلزم عمل هذه الاختبارات لتحقيق نجاح النتائج ولتحقيق الكفاءة الاقتصادية للتكاليف الرأسمالية، وتكاليف التشغيل. وهذه الاختبارات تشمل العناصر الآتية:

- تحليل مياه الصرف.
- بيانات الصرف.
- كيمائيات التعادل وبقاعلاتها.
- تحليل التكلفة لكيمائيات التعادل.
- إختبار طريقة التعادل.
- نظام التحكم فى طريقة التعادل.

والمهم كذلك الكمية الكلية والتغيريات فى التدفق بما فيها المياه الناتجة عن العمليات الدفعة الواحدة (Batch Dumps) والتي قد تحدث بطريقة متقطعة. طبيعة مياه الصرف التى يلزم معادلتها تختلف من مصنع إلى آخر من نفس نوع الإنتاج الصناعى وذلك يتطلب التعرف على الخبرة السابقة فى المصانع المشابهة وما تحقق من نجاحات وما لم يتحقق. كمثال: فى دراسة ظهر أن نقص قوة الدرى (Buffer Capacity) المطلوب معادلتها يجعلها مهمة صعبة وإن لم تكن مستحيلة وذلك للمحافظة على الرقم الهيدروجينى فى المستوى المطلوب. قوة الدرى يعنى بها قوة المحلول على مقاومة التغير فى الرقم الهيدروجينى وهى تكون نتيجة وجود الأحماض الضعيفة وأملاحها أو القلويات الضعيفة وأملاحها. كثيرا من العمليات الصناعية لاتضيف المواد التى توفر الدرى فى مجال رقم هيدروجينى مقبول للصرف، وذلك فى حالة أن الدرى الموجود طبيعى فى المياه قد تم تدميره. هذه الدراسة أظهرت أن إضافة الدرى إلى المياه قد يحقق نتائج إقتصادية مع سهولة التحكم فى نظام عملية التعادل.

الجدول التالي يوضح الصناعات المنتجة لمياه الصرف الحامضية أو القلوية

الصناعة	مياه الصرف الناتجة
الألومنيوم	حامضى
النحاس والنحاس الأصفر (Brass)	حامضى وقلوى
البيرة والمقطرات والمعلبات	حامضى وقلوى
المشروبات الغازية	قلوى
المصانع الكيماوية	حامضى وقلوى
كيماويات إزالة العسر	قلوى
صرف مناجم الفحم	حامضى
الغراء	حامضى
الحديد والصلب	حامضى وقلوى
المنسوجات	حامضى وقلوى
المطاط	حامضى وقلوى
الورق ولب الورق	حامضى وقلوى
تنشيط التبادل الأيونى وإزالة الأملاح	حامضى وقلوى
الفلوسفات	حامضى
تنظيف محطات القوى وصرفها	حامضى وقلوى
الصناعات الدوائية	حامضى وقلوى
المبيدات	حامضى
تكرير الزيوت	حامضى وقلوى
دباغة الجلود	حامضى وقلوى

تعريف الرقم الهيدروجيني والعوامل المتعلقة بعملية التعادل:

المصطلح المستخدم للتعبير عن الحموضة أو القلوية لمحلول هو الرقم الهيدروجيني (pH - Value)، والذي هو اللوغاريتم السلبى لتركيز أيون الهيدروجين.

$$\text{pH} = \text{Log} \frac{1}{[\text{H}^+]} \quad \text{أو} \quad \text{PH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$$

ذلك لأن المياه النظيفة عندما تتأين إلى درجة ما فإنه ينتج أيون الهيدروجين وأيون الأيدروكسيد بتركيزات متساوية كالآتي:



درجة التأين للماء النظيف هي أساس قياس الرقم الهيدروجيني ويعبر عنه بثابت الأيون للماء. من قانون التفاعل الكيميائي للكتلة فقد تحدد أن ناتج تركيز أيون الهيدروجين والإيدروكسيد هو 10^{-14} أو 10^{-14} حيث أن 10^{-14} للهيدروجين، 10^{-14} للإيدروكسيد. ولذلك فإنه يعبر عن الرقم الهيدروجيني باللوغاريتم السلبى لتركيز أيون الهيدروجين $\text{pH} = -\text{Log}[\text{H}^+]$ تدرج الرقم الهيدروجيني من صفر إلى 14 حيث نقطة التعادل هي 7 وهي الرقم الهيدروجيني للمياه النظيفة عند درجة حرارة 25°C . المحاليل القلوية لها رقم هيدروجيني أكبر من 7 بينما المحاليل الحامضية أقل من 7. نظراً لأن قياس الرقم الهيدروجيني هو بدلالة لوغاريتميه فإن المحلول ذو الرقم الهيدروجيني 5 يحتوى على أيونات هيدروجين نشطة عشرة أضعاف المحلول ذو الرقم الهيدروجيني 6 وعلى العكس فإن المحلول ذو الرقم الهيدروجيني 2 به 1000 ضعف أيون هيدروجينى نشط نسبة إلى المحلول ذو رقم هيدروجيني 5. يختلف تركيز أيون الهيدروجين عكسياً مع تركيز أيون الأيدروكسيد بمصطلح جرام أيونى فى اللتر $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$ عند إضافة قلوى للماء ينتج أيون الأيدروكسيد (OH^-) ويقل تركيز أيون الهيدروجين

(H^+) حيث يصبح المحلول قلوى ويرتفع الرقم الهيدروجيني عن مجال التعادل ٧. وعند إضافة حامض للماء تنتج أيونات هيدروجين إضافية (H^+) ويزداد تركيز أيون الهيدروجين.

يوصف الحامض بأنه ضعيف أو قوى طبقاً لعدد أيونات الهيدروجين التي تنطلق عند إضافة كمية معينة من الحامض إلى الماء. وكذلك يوصف القلوى بأنه ضعيف أو قوى طبقاً لعدد أيونات الأيدروكسيد التي تنطلق عند إضافة القلوى إلى الماء. يعتبر حامض النيتريك (HNO_3) حامض قوى نظراً لأن كل جزئياته تقريباً تتحلل في الماء منتجة أيون هيدروجين وأيون نترات. وعلى العكس فإن الحامض الضعيف مثل حامض الخليك ينتج (Acetic Acid) عدد قليل من أيونات الهيدروجين في المحلول المائي. لذلك فإن مجرد القياس للرقم الهيدروجيني لمحلول من حامض النيتريك وآخر من حامض الخليك حيث التركيز متشابه فى الحالتين إلا أنه لا يعطى نفس النتائج للرقم الهيدروجيني. لذلك فإن مجرد القياس للرقم الهيدروجيني التقليدى لا يمكن من معرفة كمية القلوى المطلوب إضافته لمعادلة الحامض فى الحالتين. ففى حالة محلول حامض النيتريك فإن كل أيونات الهيدروجين المطلوب معادلتها موجودة أصلاً ويمكن قياسها بمقياس الرقم الهيدروجيني، بينما فى حالة حامض الخليك فإنه ضعيف جداً فى التأين إلى أيونات الهيدروجين والخلات.



مع اتحاد أيون الهيدروجين مع أيون الأيدروكسيد لتكوين ماء لا يتحلل فإن كمية إضافية من حامض الخليك تتحلل للمحافظة على الرقم الهيدروجيني المنخفض فى المحلول. ولذا فإن قياس الرقم الهيدروجيني لا يعطى معلومات تامة عن كمية القلوى اللازم إضافتها لمعادلة حامض الخليك. رغم محلول من حامض قوى قد يكون منخفض الرقم الهيدروجيني عن محلول من حامض ضعيف مع وجود نفس الكميات المكافئة من الحامضين إلا أن الحموضة الكلية فى كليهما واحدة. تتعادل

كميات متساوية من المحلولين باستخدام كميات متساوية من القلوى. المحلول المخفف من حامض قوى يمكن أن يكون له رقم هيدروجيني لمحلول مركز من حامض ضعيف. كلا المحلولين رغم هذا يتطلبان كميات مختلفة من القلوى لمعادلة أحجام متساوية من المحلولين.

لذلك فإن التحديد المناسب لكمية القلوى اللازمة لمعادلة الحامض يتطلب أكثر من مجرد قياس الرقم الهيدروجيني. فإذا كانت تدفقات مياه الصرف يلزم تغيير الرقم الهيدروجيني لها من ٢ إلى ٧ أو إلى ٨ فإنه يلزم استخدام تحكم شديد الحساسية لإضافة القلوى. وفي حالة عدم توفر هذه الحساسية فإنه يمكن حدوث تجاوز كبير في الرقم الهيدروجيني بما يسبب مشاكل في إتجاه القلوية. تحدث مشاكل أخرى عند معادلة الحامض وذلك عند التغير الكبير في معدل التدفق لمياه الصرف الحامضية فبالإضافة إلى التحكم في التغير في الرقم الهيدروجيني فإن نظام التعادل يتطلب كذلك أن يعادل (أو يعوض) التغير في معدل التدفق.

التحكم المناسب في الرقم الهيدروجيني قد يعتمد على حالات كثيرة مثل معدل التدفق لمياه الصرف اللازم ضبط رقمها الهيدروجيني، تركيز الحامض أو القلوى، التغير في تركيز الحامض أو القلوى، التغير في معدل التدفق، طريقة إضافة مادة التعادل، الدقة اللازمة للتحكم في الرقم الهيدروجيني، الوضع العام لنظام المعالجة، يجب الأخذ في الاعتبار نظام التحكم في الرقم الهيدروجيني لكل حالة على حدة.

٢- أثر الرقم الهيدروجيني على عمليات المعالجة لمياه الصرف:

يعتبر قياس الرقم الهيدروجيني والذي يدل على تركيز أيون الهيدروجين دلالة هامة لنوعية المياه الخام الطبيعية أو مياه الصرف. ومجال الرقم الهيدروجيني اللازم لوجود بعض الكائنات البيولوجية ضيق إلى حد ما. مياه الصرف ذات رقم هيدروجيني غير مناسب يصعب معالجتها بالطرق البيولوجية. يلزم ضبط الرقم

الهيدروجيني لمياه الصرف قبل معالجتها أو قبل صرفها على المصارف الطبيعية. معظم الكائنات البكتيرية لا تستطيع مقاومة المجال الهيدروجيني أكبر من ٩ وأقل من ٤. عموماً أقصى مجال للنمو البيولوجي يقع ما بين ٦,٥ إلى ٧,٥. وأقصى مجال لمعظم الفطريات هو حوالي ٥,٦ في مجال ما بين ٢ إلى ٩، وعند ظروف الرقم الهيدروجيني المنخفض فإن نمو الفطريات قد يكون أسرع. إن قدرة الفطريات على الحياة في ظروف الرقم الهيدروجيني المنخفض وظروف قلّة النيتروجين يجعلها هامة في المعالجة البيولوجية لبعض مخلفات الصرف الصناعي وفي معالجة المركبات العضوية من المخلفات الصناعية الصلبة.

تستخدم الطحالب ثنائي أكسيد الكربون في نشاطها بالتمثيل الضوئي (Photosynthesis). أثناء ذلك قد يرتفع الرقم الهيدروجيني أما أثناء الليل فإن الطحالب تنتج ثنائي أكسيد الكربون والذي يعمل على خفض الرقم الهيدروجيني.

تفاعلات مياه الصرف مع كيماويات التطهير من مركبات الكلور تتأثر كذلك بالرقم الهيدروجيني. فالكلور مع مياه الصرف يكون حالة من الإتزان ما بين حامض الهيپوكلورس (HOCL) وأيون اليوكلوريت (OCL⁻). تأثير الهيپوكلورس أشد بالنسبة لقتل الكائنات الدقيقة، التغير في الرقم الهيدروجيني قد يؤثر على كفاءة التطهير. فعند رقم هيدروجيني ٤ فإن معظم الكلور الكلي يكون في شكل حامض الهيپوكلورس أما عند رقم هيدروجيني ٩ فإن معظم الكلور يكون في شكل أيون الهيپوكلوريت الذي هو أقل أشكال الكلور تأثيراً في أغراض التطهير. وعند رقم هيدروجيني ٧ فإن ٧٠-٨٠% من الكلور يكون في شكل حامض الهيپوكلورس.

المعالجة المناسبة للرقم الهيدروجيني يلزم أن تحقق المجال من ٥-١٠ والذي يقبل في بعض الحالات وإن كان المجال المناسب للرقم الهيدروجيني هو من ٦-٨,٥ لإمكان الصرف على المسطحات المائية أو في شبكات الصرف. قد تستخدم

مياه الصرف الحامضية والقلوية لمعادلة بعضها البعض وذلك عند إنتاجها في نفس المنشأة الصناعية.

التسوية (Equalization) تساعد في خفض الفروق الكبيرة في الرقم الهيدروجيني داخل المصنع. التعادل الذاتي (Self Neutralization) له حدوده وعادة يتطلب إضافات من الحامض أو القلوي وذلك للوصول بمياه الصرف إلى الرقم الهيدروجيني المطلوب. حامض الكبريتيك هو الأكثر استخداماً لمعادلة القلوية الزائدة وذلك رغم أن أحماض أخرى يمكن استخدامها في حالة توفرها. يستخدم أحياناً ثاني أكسيد الكربون في شكل غازات عادم الحريق وذلك في حالة توفر المعدات المناسبة لحقن هذه الغازات. بالنسبة لمياه الصرف الحامضية فإن المستخدم عادة هو إيدروكسيد الصوديوم أو كربونات الصوديوم، لبن الجير $(Ca(OH)_2)$ ، الحجر الجيري والنشادر. التخلص من النشادر في مياه الصرف باستخدام الغسيل (Stripping) بالهواء أو البخار يتطلب رقم هيدروجيني مرتفع والذي يتم توفيره بإضافة الجير المطفي أو الصودا الكاوية. الرقم الهيدروجيني المرتفع يحول إيدروكسيد النشادر $(NH_4 OH)$ إلى النشادر الحرة (NH_3) والتي تزال كغاز في عملية الغسيل بالهواء أو بالبخار. يستخدم أحياناً حامض الكبريتيك للحصول على رقم هيدروجيني منخفض لإزالة الفينولات. الرقم الهيدروجيني المنخفض مطلوب كذلك في إختزال الكروم سداسي التكافؤ إلى الكروم ثلاثي التكافؤ في عمليات الترسيب المعدني. الرقم الهيدروجيني المرتفع نسبياً يساعد على ترسيب معظم المعادن الثقيلة كإيدروكسيدات، عادة يرفع الرقم الهيدروجيني من ٨ إلى ٩,٥. أقصى نمو البكتريا النتجة (Nitrifying Bacteria) هو في المجال من ٨ إلى ٩. أثناء تحول النشادر إلى نترات تنتج حموضة وفي حالة عدم وجود قلوية كافية عندئذ ينخفض الرقم الهيدروجيني بما يعيق عملية النتجة. حوالى ٧,١ ملجرام

من القلوية ككربونات كالمسيوم يتم تدميرها (Destroyed) لكل واحد ملجرام من النيتروجين الذى يتأكسد.

يعتبر الصرف للمياه ذات الرقم الهيدروجينى المنخفض إلى شبكات الصرف الصحى شديد الخطورة على الشبكات ومحطات المعالجة الصغيرة. ولكن فى حالة محطات الصرف الصحى الكبيرة حيث توجد كميات كبيرة من مياه الصرف للتخفيف وللدرئ (Buffer) بما لا يحدث تأثير واضح على وحدة المعالجة من الأحجام الصغيرة للصرف الصناعى ذات الرقم الهيدروجينى المنخفض. التدفقات الغير متوقعة من مياه الصرف ذات الرقم الهيدروجينى المنخفض يمكن أن تسبب إرتباك بيولوجى فى وحدة المعالجة. مياه الصرف ذات الرقم الهيدروجينى المنخفض تسبب مشاكل أكثر خطورة عن تلك ذات الرقم الهيدروجينى المرتفع. أثناء النشاط البيولوجى فإن غاز ثانى اكسيد الكربون الناتج بواسطة الكائنات الدقيقة يميل إلى خفض الرقم الهيدروجينى لمياه الصرف القلوية. النشاط البيولوجى يعادل (Neutralize) إلى درجة ما الرقم الهيدروجينى للمياه ذات القلوية العالية.

إن مياه الصرف ذات الرقم الهيدروجينى المنخفض عند صرفها فى شبكة الصرف للمعالجة قد يكون لها تأثير خطير فى حالة وجود بعض المركبات الكيميائية فى الشبكة كالتالى:

- عند التصاق أيون السيانيد فى حالة وجوده فى مياه الصرف مع مخلفات ذات رقم هيدروجينى منخفض فإن هذا الإلتصاق يسبب تصاعد غاز سيانور الهيدروجين (HCN) وهو غاز شديد السمية وقد يسبب أضرار للعمال التى تقوم بصيانة الشبكة.
- وكذلك فى حالة وجود أملاح الكبريتيدات (Sulphides) فى مياه الصرف فقد يسبب هذا تصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) عند إنخفاض الرقم

الهيدروجينى لمياه الصرف وهذا الغاز يسبب خطورة على العمالة القائمة بصيانة الشبكة.

- كلا من غاز السيانيد وغاز كبريتيد الهيدروجين يسببان سمية للعمال فى محطة المعالجة الموجودة فى مساحة مغلقة وذلك عند تصاعد هذه الغازات.
- غاز كبريتيد الهيدروجين يسبب كذلك تآكل للمواسير الأسمنتية وذلك عند عدم وجود حماية لهذه المواسيد ضد الأحماض حيث قد يتأكسد غاز ثانى كبريتيد الهيدروجين بالأداء البيولوجى مكونا حامض كبريتيد الذى يسبب تآكل للجزء الداخلى من الماسورة فوق منسوب سطح تدفقات مياه الصرف.

٣- تحليل الرقم الهيدروجينى لمياه الصرف ومنحنيات المعايرة:

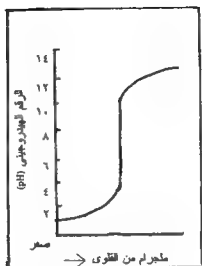
Analysis of Waste Water pH and Titration Curves:

هناك حدود للرقم الهيدروجينى طبقاً لمعايير الصرف وذلك لمنع المشاكل فى نظم المعالجة. المجال المناسب هو من ٥ إلى ٩ أو من ٦ إلى ١٠. وفى بعض الحالات لا يوجد تحديد للحد الأقصى للرقم الهيدروجينى ذلك لأن الرقم الهيدروجينى المرتفع لا يشكل خطورة على نظم المعالجة مثل الرقم الهيدروجينى المنخفض. يعتبر الرقم الهيدروجينى هو نقطة التحكم لعملية التعادل، ولكن كمية الحموضة أو القلوية فى المحلول هى القياس الحقيقى لكمية المادة الحامضية أو القلوية التى تتطلب التعادل.

ولتحديد الحموضة أو القلوية الكلية فإنه يلزم عمل المعايرة. والمعايرة (Titration) هى إضافة عامل معايرة قياسي حتى التعادل للمحلول إلى درجة رقم هيدروجينى محددة وهذه خطوة هامة وضرورية فى تصميم نظام التعادل لتحديد قيمة عمل عناصر التحكم فى تحديد التدفق لعناصر ضبط الرقم الهيدروجينى.

منحنى المعايرة للحامض والقلوى هو عبارة عن التغير فى الرقم الهيدروجينى مع إضافة عامل المعايرة والشكل (٧/١) يوضح هذا التغير فى الرقم الهيدروجينى لكل وحدة إضافة من هذا العامل.

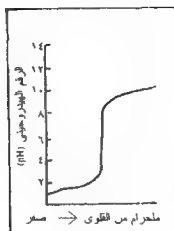
شكل منحنى المعايرة يتوقف على بعض المتغيرات مثل طبيعة الحامض أو القلوى وسواء كان قوى أم ضعيف وتركيز الحامض أو القلوى، وكذلك على عامل الدرئ (Buffer) الموجود وكذلك على نوع وتركيز عناصر التحكم (Control Reagents). توضح درجة التحكم المتحصل عليها بواسطة شكل المنحنى. النقطة ذات أكبر تغير فى المنحنى تسمى نقطة التكافؤ أو الإنحناء. نقطة الإنحناء هذه رغم أنه ليس بالضرورة أن تكون عند رقم ٧ ولكنها غالباً قريبة منها. إذا تم خلط حامض قوى مع قلوى قوى فإن نقطة التعادل تكون عند رقم هيدروجينى ٧. ولكن فى حالة المعايرة لأحماض ضعيفة مع قلويات ضعيفة فإن نقطة التعادل تكون إما أكبر من ٧ أو أقل من ٧. ففى الشكل (٦/١) يوضح المعايرة لحامض قوى مثل حامض الكبريتيك أو حامض النيتريك أو الهيدروكلوريك مع قلوى قوى مثل هيدروكسيد الصوديوم. وبالقرب من نقطة التكافؤ فإن الزيادة القليلة من القلوى تسبب تغير فى الرقم الهيدروجينى لعدة وحدات. ولذا فإن نظام التحكم فى الرقم الهيدروجينى لمعادلة حامض قوى مثل حامض الكبريتيك أو حامض الهيدروكلوريك أو حامض النيتريك مع قلوى قوى مثل هيدروكسيد الصوديوم بدون معدات مصممة خصيصاً لهذا التطبيق يوجد صعوبة فى التحكم على مستوى الرقم الهيدروجينى النهائى. ونقطة التكافؤ لمعايرة حامض قوى مع قلوى ضعيف أقل من رقم هيدروجينى ٧ الشكل (٧/٢)، وكذلك فإن التغير فى الرقم الهيدروجينى لكل وحدة قلوى مضافة ليست تقريباً واضحة التأثير كما فى حالة معايرة حامض قوى/قلوى قوى.



شكل (٦/١) منحنى المعايرة لحامض قوى معاير بقلوى قوى

الأحماض القوية التى تتفاعل مع قلويات ضعيفة أو القلويات القوية التى تتفاعل مع أحماض ضعيفة تنتج فى الغالب أملاح لها قوة درى. (Buffer Action) شكل (٦/٢). تعادل الحامض القوى مع القلوى الضعيف أو العكس يحقق فى الغالب تحكم أفضل للرقم الهيدروجينى حيث يمكن فى هذه الحالة الحصول على رقم هيدروجينى ٧ والذي يصعب الحصول عليه باستخدام حامض قوى وقلوى قوى. الفائدة من استخدام النشادر لمعادلة الرقم الهيدروجينى المنخفض هو لأن النشادر قلوى ضعيف وبذا تسبب إنحناء فى منحنى المعايرة أقل حدة عند مجال الرقم الهيدروجينى المقبول، وقد يكون غير مقبول المركبات النيتروجينية التى تضيفها للنشادر إلى الماء.

البرنامج الجيد لأخذ العينات وتحليلها يلزم أن يوفر معلومات دقيقة عن نوع وكمية الكيماويات اللازمة لمعادلة المحاليل ذات الرقم الهيدروجينى المرتفع أو المنخفض.



شكل (٦/٢) منحنى المعايرة لحامض قوى معاير بقلوى ضعيف

تعرف الحموضة للماء أو لمياه الصرف بالقدر الكمية لمعادلة قلوى قوى إلى منحنى رقم هيدروجيني محدد. وقد تتغير القيمة المقاسة بوضوح مع تغيير نقطة النهاية للرقم الهيدروجيني المستخدم فى تحديدها. الحموضة هى المقياس الكلى لمياه الصرف وقد تترجم إلى مواد محددة فقط فى حالة معرفة التركيب الكيماوى للعينة. الأحماض القوية والضعيفة مثل حامض الكربونيك والخليك والأملاح مثل كبريتات الحديدوز وكبريتات الألومنيوم قد تضيف إلى قياس الحموضة طبقاً لطريقة القياس المستخدمة.

فى معايرة مادة حمضية واحدة فإن نقطة النهاية الدقيقة جداً بالنسبة للحموضة يمكن تحديدها عند نقطة الانحناء لمنحنى المعايرة. نقطة الانحناء هى النقطة حيث إنحناء المنحنى (التغير فى الرقم الهيدروجيني لكل ملحرام من المادة الكيماوية المضافة). يمكن تحديد النقطة عند تنفيذ طريقة عمل المنحنى، نظراً لأن التحديد الدقيق لنقطة الانحناء للمنحنى قد يكون مستحيل فى المخروط المعقد أو المحتوى على عامل برى (Buffer). المعايرة تتم فى هذه الحالة عادة إلى نقطة نهاية اختيارية للرقم الهيدروجيني.

إنه جرت العادة على إعتبار أن كل المياه ذات الرقم الهيدروجيني أقل من ٨,٥ تحتوي على حموضة. كما أنه عادة إعتبار نقطة النهاية للفينول فتالين (Phenol - Phthalein) عند ٨,٢ إلى ٨,٤ قياس لعدم وجود الحموضة. وعند استخدام الكاشف الميثيل البرتقالي (Methyl Orange) فإن نقطة النهاية (التعادل) للرقم الهيدروجيني في حالة مياه الصرف الملوثة بالمخلفات فهي تقريبا ٤,٣.

في مياه الصرف الغير محتوية على حموضة معدنية (Mineral Acidity) بكميات كبيرة فإن ثاني أكسيد الكربون المكون التقليدي لكل المياه الطبيعية قد يوفر قدرا كبيرا لأى معايرة للحموضة. ثاني أكسيد الكربون قد ينتج في المياه نتيجة لأكسدة البيولوجية للمواد العضوية، وخاصة المياه الملوثة. إتران (Equilibrium) ثاني أكسيد الكربون في المياه الطبيعية قد يؤثر على كمية الحموضة والقلوية الموجودة عند المعايرة (Titration). المعايرة لمحلول إلى رقم هيدروجيني ٤,٥ باستخدام الكاشف الميثيل البرتقالي المستخدم كمؤشر للأحماض المعدنية تسمى حموضة الميثيل البرتقالي. معايرة عينة إلى نقطة نهاية للرقم الهيدروجيني ٨,٣ باستخدام كاشف الفينول فتالين تقيس كلا من الأحماض المعدنية وكذلك الحموضة بسبب الأحمال الضعيفة مثل ثاني أكسيد الكربون.

قلوية المياه هي طاقتها الكمية لمعادلة حامض قوى إلى رقم هيدروجيني معين. القيمة المقاسة قد تختلف بوضوح مع استخدام كاشف نقطة النهاية لتحديد الرقم الهيدروجيني. القلوية هي قياس للصفات الكلية للماء ويمكن تعريفها بقيم مواد معينة وذلك عند معرفة التركيب الكيماوى للعينة. القلوية لكثير من مياه الصرف قد تكون أساسا الدلالة للإتران لكل من الكربونات والبيكربونات والإيدروكسيدات فى مياه الصرف. تعتبر القلوية كمؤشر لتركيز هذه المكونات وقد تشمل كذلك إسهامات من البوريت، الفوسفيت، السيليكيت (Borates, Phosphates, Silicates) أو مجموعات أن أيونية أخرى.

عادة تحتوى مياه الصرف على قلوية أعلا قليلا من الموارد المائية. لتعيين القلوية فإن أيونات الإيدروكسيد الموجودة فى العينة يتم معادلتها بالمعايرة بحامض قياسي. القلوية التى تحددت تتوقف على نقطة النهاية المستخدمة لإكمال المعايرة. فى مياه الصرف قد يكون السبب فى القلوية وجود مواد مثل الإيدروكسيد، الكربونات، البيكربونات وبعض الكيماويات العضوية. عموما تقاس القلوية بالمعايرة بمحلول حامض الكبريتيك ويقيم بالمكافئ من كربونات الكالسيوم. العينات ذات الرقم الهيدروجينى (الأولى) أكبر من ٨,٣ يتم عمل المعايرة لها فى خطوتين. الخطوة الأولى تتم حتى تحول مؤشر الفينول فتالين من اللون القرمزى إلى عديم اللون وذلك عند رقم هيدروجينى ٨,٣. الخطوة الثانية للمعايرة تتم إلى رقم هيدروجينى ٤,٥ باستخدام الكاشف الميثيل البرتقالى (Methyl Orange).

٤- تصميم نظم التحكم فى الرقم الهيدروجينى: Design of pH Control Systems

إن نظم التحكم فى الرقم الهيدروجينى تعتبر معقدة وذلك لعدم الدلالة الطولية للرقم الهيدروجينى مع التركيز (Non Linear Function of pH with Concentration). فمثلا عند إضافة كمية معينة من القلوى إلى محلول حامضى قوى ذو رقم هيدروجينى ٢ حيث يزداد الرقم الهيدروجينى إلى ٣. وفى حالة الرغبة فى زيادة الرقم الهيدروجينى لهذا المحلول إلى ٤ فإنه يلزم إضافة ١٠/١ (عشر) كمية القلوى الأصلية. وفى حالة الرغبة ليكون الرقم الهيدروجينى ٥ فإنه يلزم إضافة ١٠٠/١ فقط من كمية القلوى الأصلية، وفى حالة الرغبة فى الرفع إلى ٦ فإنه يلزم فقط ١٠٠٠/١ من الكمية الأصلية للقلوى.

لذلك فإنه من الصعب التحكم فى مجرى الصرف للتغير من رقم هيدروجينى ٢ إلى ٧، حيث يلزم إضافة كمية كبيرة من القلوى قبل حدوث أى تغير فى الرقم الهيدروجينى ولكن مع إضافة كمية صغيرة فإن الرقم الهيدروجينى يرتفع بسرعة.

وللحصول على التحكم فى رقم هيدروجينى محدد تحت هذه الظروف فإنه يلزم توفير نظام تحكم دقيق.

كذلك فإن نظام التحكم ذا الرقم الهيدروجينى قد ينفذ إما بواسطة نظام الدفعة الواحدة (Batch System) أو بنظام التدفق المستمر. فمثلا سوف يؤخذ فى الاعتبار الحالة الغالبة فى الصناعة وهى التدفقات الحامضية.

والقياس الرئيسى لنظام التحكم فى الرقم الهيدروجينى هو قياس الرقم الهيدروجينى للمحلول والتحكم فى إضافات عامل التعادل طبقا للحاجة للمحافظة على المياه الخارجية (بعد المعالجة) فى الحدود المعينة والمقبولة للرقم الهيدروجينى.

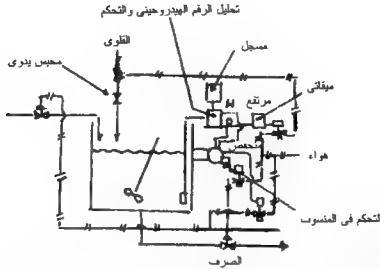
نظام التحكم فى الرقم الهيدروجينى يقوم بالمعايرة المستمرة إلا فى حالات أن تركيز المحلول الجارى معادلته ليس له أهمية.

توجد ثلاث أنواع من نظم التحكم فى الرقم الهيدروجينى ذات الاستخدام العادى:

- فى المصانع حيث معدلات التدفق وأحجام التدفق عالية يستخدم التحكم بتنسيب التدفق المستمر أو بنظام التحكم متعدد الأشكال (Continuous flow Proportional or Multimode Control System).
- وفى المصانع حيث التدفقات من الأحماض أو القلويات صغيرة قد يستخدم نظام التعادل بالدفعات (Batch Neutralization) أو التعادل المستمر، حيث يوجد وضعين للتشغيل والإيقاف (On-Off control System).
- والتعادل على دفعات عادة مناسب للحالات حيث التدفق غير منتظم وكذلك الصرف للسوائل الحامضية أو القلوية قد يكون غير منتظم التدفق والتركيزات تكون عالية نسبيا ومتغيرة. ويحدث هذا فى حالات معالجة أسطح المعادن (Pickling) بالأحماض حيث سائل الصرف الحامضى

لحامض الكبريتيك أو النيتريك أو الهيدروكلوريك يوضع فى وحدة المعادلة على دفعات قبل التخلص منه.

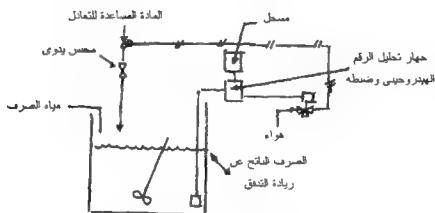
نظام التبادل على دفعات موضح فى الشكل (٦/٣) نموذج لهذا النظام فعند صرف السائل الحامضى يتم ضخه إلى حوض حيث يعادل هذه الدفعة قبل الصرف على شبكة الصرف الصحى. وكما هو واضح فى الشكل يوجد تحكم فى المنسوب (LC - Level Controller) لملى حوض التبادل وهذا التحكم مرتبط بالتحكم فى الرقم الهيدروجينى حيث يمكن الصرف فقط عندما يكون الرقم الهيدروجينى ما بين الحدود المسموح بها. أثناء ملئ الحوض فإن أقطاب الرقم الهيدروجينى (pH Electrodes) تستشعر (Sense) أن المحلول خارج الحدود يفتح المحبس لإضافة القلوى. وعند امتلاء الحوض فإن التحكم فى المنسوب (LC) يقوم بقلل المحبس الخاص بدخول السائل ولكن محبس القلوى يظل مفتوح حتى الوصول إلى الرقم الهيدروجينى المطلوب، عندئذ فإن محبس الصرف للحوض يفتح حيث تصرف المواد إلى شبكة الصرف، وفى هذا النظام فإن مادة التبادل تضاف خلال المحبس اللولبى (Solenoid Valve)، أو محبس هواء (Air Actuated Valve). يتم الخلط فى الحوض عادة باستخدام خلاط مروحة (Propeller Mixer) أو إضافة الهواء الذى يسبب الخلط فى الحوض وتوزيع المادة القلوية. ونظرا للطبيعة اللوغاريتمية للرقم الهيدروجينى فإنه يحدث تغير كبير فى الرقم الهيدروجينى عند إضافة قليل من القلوى وذلك عند اقتراب المحلول من التبادل وهذا التغير قد يقفز بعيدا بالرقم الهيدروجينى عن الحدود عند إجراء التبادل. عند وصول الرقم الهيدروجينى إلى الحد المطلوب فإنه ينصح بوجود تحكم ميقاتى (Timer) فى الدائرة ليسمح بعدم دخول القلوى لمدة دقيقة واحدة. وقت الإيقاف هذا يسمح باستمرار التفاعل الكيماوى وكذلك يسمح لعنصر الاستشعار (Sensor) بتحديد الرقم الهيدروجينى الحقيقى للمحلول.



شكل (٦/٣) نظام التعامل على دفعات الآلى كلية (لتعادل مياه حامضية مع مياه قلوية H, D) للتحذير من الإرتفاع والإنخفاض حيث يتم تبديلها عند استخدام مادة الحامض بدلا من المياه الحامضية

نظام الوضعين تشغيل - إيقاف شكل (٦/٤) سمي كذلك لأن عنصر التحكم في إضافة العامل المساعد (Reagent) دائما يكون إما تام الغلق أو تام الفتح. وهذا النظام عادة يستخدم في حالات حيث معدل التدفق لمياه الصرف صغيرة نسبيا وزمن السكون لنظام التحكم كبير نسبيا، وزمن المكث في حوض التفاعل يلزم أن يكون أقل ما يمكن حوالي ١٠ دقيقة أو أكثر. الخلط والتقليب الجيد يساعد أقطاب الرقم الهيدروجيني على الكشف الحقيقي له بما يمنع صرف مياه الصرف خارج حدود الرقم الهيدروجيني. زمن التقليب يلزم أن يكون أقل من ٢٠% من زمن الإيقاف فمثلا إذا كان زمن الإيقاف ١٠ دقائق فإن زمن التقليب أو الخلط يجب أن يكون أقل من ٢ دقيقة. إذا كان التدفق للحموضة الكلية أو القلوية الكلية لمياه الصرف متغيرا بما يعادل حوالي ١٠٠٠ (كمافى حالة التغير فى الرقم الهيدروجيني ٤ درجات مع ثبات التدفق أو التغير فى الرقم الهيدروجيني ثلاث مع التغير فى مجال التدفق ١٠ أضعاف) عندئذ يمكن استخدام محبسين لإضافة العامل المساعد (قلوى أو حامضى)، حيث يستخدم المحبس الكبير لإضافة الحجم الكبير

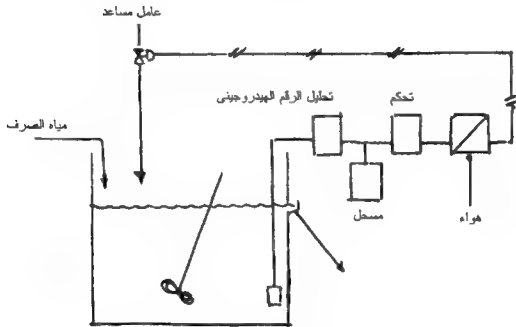
من العامل المساعد والمحبس الصغير لإضافة الكميات الصغيرة جدا. عندما يكون حجم التدفق من مياه الصرف الحامضية أو القلوية عاليا نسبيا فإنه يصبح غير عملي توفير زمن توقف كبير اللازم لنظام الفتح والقفل.



شكل (٦/٤) نظام القفل - للفتح المبسط

والنظم العملية في هذه الحالة هي النظم متعددة التحكم (Muti Mode Control)، شكل (٦/٥) حيث يسمح بالتدفق المستمر لمادة تعادل الرقم الهيدروجيني. في هذه الحالة فإن مادة التعادل يتم إضافتها باستمرار من خلال عناصر التحكم في الرقم الهيدروجيني. تتوقف كمية عنصر التعادل المضافة على الرقم الهيدروجيني المحدد في نظام التحكم. توجد إعتبارات كثيرة عند تصميم هذا النظام، قدرة النظام وطاقته على إدمصاص مادة التعادل بدون التغير في العملية. وعموما الطاقة الكبيرة مفضلة لحسن التحكم وذلك يلغى التغيرات المفاجئة، يعطى وقت للخلط بما يقلل من التغير الحاد في وضع عناصر التحكم النهائية. لسوء الحظ فإن نظم معادلة الرقم الهيدروجيني هي نادرا نظم ذات طاقة كبيرة. نظرا لأن دلالة الرقم الهيدروجيني هي دلالة لوغاريتمية للتركيز، فإنه من المرغوب فيه أحيانا إستخدام النشادر، كربونات الكالسيوم أو قلوى ضعيف كمادة تعادل للأحماض المعدنية. هذه المواد القلوية تعطى قدرا ما للدرئ (Buffering) بما يقلل من التغير الحاد في الرقم

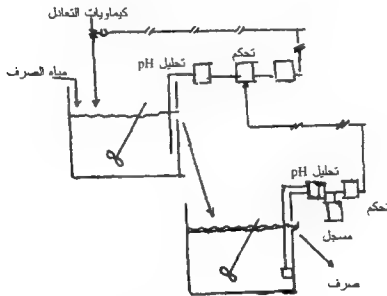
الهيدروجيني. فى النظام يلزم إيجاد زمن للمكث (Detention Time) وذلك ليتمكن أن يستمر تفاعل التعادل إلى الاستكمال حيث أن المواد الصلبة يجب أن تذوب حتى يمكنها أن تتفاعل مما يتطلب توفير الوقت الكافى وخاصة فى حالات إستخدام المواد الصلبة أو المضاف إليها قليل من الماء (Slurry) كمادة تعادل. يلزم كذلك الخلط لمنع التأخير فى الوصول إلى الرقم الهيدروجينى المطلوب. الوقت الميث فى حوض التفاعل يوجد عدم تمام التعادل نظرا للحاجة إلى مادة التعادل.



شكل (٦/٥) نظام التحكم المتغير البسيط

يمكن التحكم الجيد فى الرقم الهيدروجينى أحيانا بنظام التحكم بالشلالات (Cascade Control System) شكل (٦/٦). المرحلة الأولى من الشلال تشمل أكبر فترة مكث والخلط ويتم فيها الضبط الكبير للرقم الهيدروجينى. فى المرحلة الثانية يلزم الخلط ولكن ليس بالدرجة المطلوبة فى المرحلة الأولى. فى المرحلة الثانية يمكن تحقيق ضبط بسيط للرقم الهيدروجينى وذلك بإضافات محددة من عامل التعادل. حوض التفاعل يكون تقريبا فى شكل مكعب، مع الحجم الذى يتناسب مع

معدل التفاعل وعوامل أخرى. المدخل والمخرج يتم وضعهما في اتجاهين متعاكسين. بالإضافة العادية لمياه الصرف تتم على السطح من أعلا كما يمكن إضافة مادة التبادل في نفس المكان وقد تضاف مع مياه الصرف قبل وصول التدفقات إلى حوض التفاعل. يلزم توفير الخلط اللازم لعمل الخلط الجيد مع إستعمال الحوائط المانعة (Baffles) في الحوض لمنع حدوث الدوامات. وقد يستخدم حقن الهواء في عملية الخلط. يلزم أن يكون الخلط عنيقا بما فيه الكفاية وبما يوفر وقت ميت (Dead Time) لا يزيد عن ٢٠/١ من زمن المكث في الحوض. الوقت الميت هو الفترة الزمنية ما بين إضافة مادة التبادل وأول إكتشاف للتغير في الرقم الهيدروجيني للمياه الخارجة. زمن المكث في حالة استخدام عامل التبادل السلل ٣ دقائق يكون مناسباً، وفي حالة استخدام مادة صلبة فإن زمن المكث لا يقل عن ٥ - ١٠ دقائق وفي حالة استخدام الجير يزداد إلى ٣٠ دقيقة.

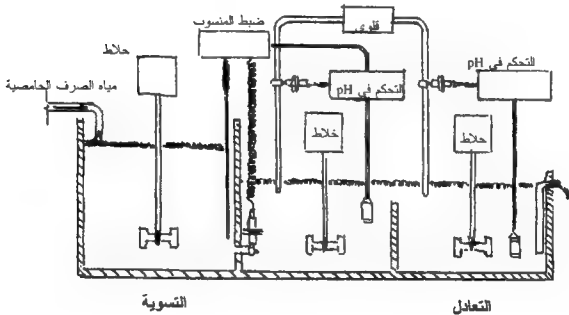


شكل (٦/١) نظام التحكم المتغير البسيط

تتوقف دقة ضبط الرقم الهيدروجيني النهائي على المدى اللازم للضبط. فإذا كانت المياه الداخلة ذات رقم هيدروجيني ١ والمطلوب وصولها إلى ٧ عندئذ يلزم

أن تكون دقة نظام التحكم لدرجة واحد جزء في المليون. وإذا كان هناك كذلك تغير كبير في معدلات التدفق فإن نظام التحكم يلزم أن يكون بدقة ليست فقط واحد جزء في المليون ولكن ربما يكون واحد جزء كل مائة مليون. هذه الدقة لا يمكن تحقيقها باستخدام محبس تحكم واحد أو عنصر تحكم واحد وعادة الدقة ١-٢% هي الواقعية.

الحل لمثل هذه الحالات هو باستخدام أكثر من نظام للتحكم مثل النظام متعدد العناصر شكل (٦/٧) لضبط الرقم الهيدروجيني المتبادل، يستخدم ثلاث نظم فرعية على التوالي فمثلا يمكن رفع الرقم الهيدروجيني من ١ إلى ٣ وهذا يتطلب دقة حوالى ١ على ١٠٠ وفى النظام التالى لرفع الرقم الهيدروجيني من ٣ إلى ٥ وفى الثالث يمكن رفع الرقم الهيدروجيني من ٥ إلى ٧.



شكل (٦/٧) مخطط لنظام التعادل للحامض ذو المرحلتين مع التسوية

٥- التطبيقات الصناعية:

عمليات المعالجة لمياه الصرف الحامضية:

الطريقة الأكثر قبولاً لمعادلة مياه الصرف الحامضية هي:

- الخلط مع لبن الجير (Lime Slurry) لمياه الصرف الحامضية بما يحقق نتيجة نهائية قريبة من نقطة التعادل.
- إضافة النسب الضرورية من الصودا الكاوية لمياه الصرف.
- إضافة كربونات الصوديوم (الصودا آش) للضبط للرقم الهيدروجيني المطلوب.
- تمرير المياه الحامضية خلال طبقات من الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم).
- إضافة النشادر.

التقييم الاقتصادي لعملية معادلة المياه الحامضية تتطلب دراسة مواد التعادل المختلفة بعمليات تجريبية، تشمل التكاليف لكل من هذه الكيماويات عند الجرعات المطلوبة لكل وحدة حامض وكذا الروبة المتكونة من عدمه (Sludge).

المستخدم عادة هو الجير في أشكاله المختلفة لمعادلة مياه الصرف الحامضية:

مميزات الجير وفترته وقلة تكلفته وعيوبه الرئيسية هي أن بعض أملاح الكالسيوم الناتجة عن عملية التعادل لانتوب والحمأة الناتجة قد تتطلب الإزالة في مرقق أو في حوض ترسيب. هذه المواد الصلبة غير المذابة قد تسبب مشاكل في الصيانة نتيجة الترسيبات على أقطاب القياس للرقم الهيدروجيني وكذلك على المحابس والمواسير والطملمبات. في حالة وجود معادن ثقيلة والتي يلزم إزالتها من

مياه الصرف فإن عملية التعادل تتم في مجال رقم هيدروجيني أعلا من ٧. أما عمليات التعادل في مجال رقم هيدروجيني أقل من ٥ فإنه نادرا ما تسبب مشاكل نتيجة الترسيبات. عند رقم هيدروجيني ما بين ٥ - ٩ فإن الترسيبات الناتجة قد تكون إما حبيبية أو قشرية (Scales) وذلك حسب مادة الجير المستخدم (Lime) وإعادة تدوير الرواسب (الحماة) وعوامل أخرى. في حالة التعادل في مجال رقم هيدروجيني من ٩ - ١١ فإنه يسبب رواسب شديدة الالتصاق بزيادة مفاجئة.

توجد أنواع مختلفة من أملاح الجير التي استخدمت في معادلة مياه الصرف الحامضية. وهذه تشمل الجير المطفى عالى الكالسيوم، أكسيد الكالسيوم (الجير الحى)، الجير الدولوميتى، الدولوميت المطفى، والحجر الجيري عالى الكالسيوم، وصرف إيدروكسيد الكالسيوم (من إنتاج كربيد الكالسيوم). وأى من هذه المواد له قواعد أساسية مختلفة والتي هي أساسا المكافئ الكمي للمادة المعادلة الحامض. الأشكال المختلفة لأملاح الجير لها كذلك فترات زمنية مختلفة للتفاعل والتي تؤثر على حجم التعادل والتكاليف الكلية. وهناك بعض خامات الجير المحتوية على مواد خاملة والتي تضيف إلى كمية الرواسب (الحماة).

الشكل الآخر للتعادل هو باستخدام الصودا الكاوية أو الصودا آش:

الصودا الكاوية مادة كيميائية عالية التفاعل وتتطلب الحرص الشديد في تناولها وحفظها. أبخرة الصودا الكاوية قد تكون خطيرة على الجلد. نظام الصودا الكاوية بسيط جدا وغير مكلف نسبيا بما يقلل من التكاليف الرأسمالية هذا بالإضافة إلى طبيعتها النشطة بما يجعل الصودا الكاوية مفضلة إقتصاديا. أملاح الصوديوم الناتجة عن استخدام الصودا الكاوية عالية الإذابة دون الحاجة لإزالتها. التركيزات العالية من الصودا الكاوية يلزم تخفيفها إلى ٢٠% حتى لا تتجمد وإن كانت قوانين الصرف على شبكات الصرف تحد من التركيزات العالية لهذه الأملاح المذابة.

الصودا آش (خام كربونات الصوديوم) رغم أنها أكثر فى الاستخدام فإن تكلفتها تفوق الصودا الكاوية وذلك نظرا لقلّة قدرتها على التعادل. نظرا لقلّة ذوبان الصودا آش فى الماء فإنه يتم التغذية بها فى شكل مخلوط مع الماء (روبة Slurry) تماما مثل الجير المطفى.

الحجر الجيرى:

رغم أن الحجر الجيرى هو الأقل سعرا بين كل مواد التعادل فإن له سلبياته. فعند إستخدامه فى طبقات والتي يتم خلالها تمرير مياه الصرف الحامضية فإنها تتفاعل منتجة ثانى أكسيد الكربون والذي يعمل على التحام هذه الطبقات. طبقة كبريتات الكالسيوم المتكونة من تعادل حامض الكبريتيك يلزم إزالتها بالتقليب الميكانيكى. زمن التفاعل قد يكون ساعة أو أكثر طبقا لنوعية وحجم الحجر الجيرى، كذلك فإن الوصول إلى رقم هيدروجينى محدد بعد التعادل لايمكن تحقيقه. وقد استخدم الحجر الجيرى فى الأسطوانات الدوارة الأفقية ولكن أساسا كعملية معالجة مسبقة.

التعادل باستخدام النشادر:

التعادل باستخدام النشادر مغرى نظرا لأن النشادر عالية النشاط ومنتجة لأملاح عالية الذوبان ولها قلوية عالية ويسهل تناولها. ولكن حدود معايير النيتروجين قد يحد من إستخدامها أو قد تستخدم فى حالة المعالجة التالية لمياه الصرف بيولوجيا حيث تتطلب كمية إضافية من النيتروجين كغذاء. ولكن تدفقات المياه فى المجارى السطحية تتطلب أدنى حد من النشادر بما يحد من استخدامها فى حالة الصرف على المجارى المائية.

طرق التحكم: (Control of Methods)

الشكل (٧/٥) يوضح المخطط النشط للتحكم اليدوى لنظام التعادل للصرف الحامضى ذو المرحلة الواحدة عدا طريقة طبقة الحجر الجيرى. تستخدم طريقة المرحلة الواحدة للتعادل فى عمليات المعالجة للدفعة الواحدة (Batch) فى المصانع حيث معدل التدفق منخفض. نظام التحكم الآلى فى حالة التدفقات المستمرة باستخدام مشعر الرقم الهيدروجينى (pH. Sensor) للتحكم فى التغذية قد يشكل صعوبة فى التحكم شكل (٧/٦).

أحدث مخطط للتعادل هو نظام المرحلتين (2 Stages) شكل (٧/٧). هذا النظام يوفر الخلط لمختلف تدفقات مياه الصرف الحامضية فى حوض التعادل. حيث تتم التغذية فى مرحلة التعادل الأولى بمعدل منتظم حتى يتم الوصول بالتغذية بعامل التعادل بكمية كبيرة التى توفر تغير عادى فى الرقم الهيدروجينى. فى المرحلة الثانية يتم ضبط الرقم الهيدروجينى بإضافة قليلة من عامل التعادل (عادة القلوى) والتى تحدث تغير كبير فى الرقم الهيدروجينى. فى مياه الصرف غير المحتوية على مواد الدرى (Un Buffered) فإن الرقم الهيدروجينى قد يقفز إلى ٩ أو أكثر. وكذلك النقص القليل فى الكيماويات (القلوى) ينتج عنه نقص فى أعداد من الرقم الهيدروجينى. والاستجابة الآلية للحاجة لرفع الرقم الهيدروجينى ثانياً ينتج عنها قفزة فى الرقم الهيدروجينى. وهذه الخاصية بين الارتفاع والانخفاض هو من صفات مياه الصرف الغير محتوية على عوامل درى. هذا التذبذب فى الرقم الهيدروجينى ينتج عنه استخدام اكبر من الكيماويات عما تم فى الدراسة التجريبية، بالإضافة إلى أن محاولة الضبط هذه تشكل تحميل زائد وتقليل كفاءة معدات التحكم الآلى.

عمليات المعالجة لمياه الصرف القلوية:

أكثر الطرق قبولا لمعادلة مياه الصرف القلوية هي:

- دفع دخان عادم الحريق (Flue Gas) خلال مياه الصرف.
- إضافة ثاني أكسيد الكربون المضغوط إلى مياه الصرف.
- إنتاج ثاني أكسيد الكربون في مياه الصرف القلوية.
- إضافة حامض إلى مياه الصرف.

طريقة دفع دخان عادم الحريق إلى مياه الصرف رغم أنها جديدة إلا انها إقتصادية. دخان عادم الحريق يحتوى على حوالى ١٤,٥% ثاني أكسيد الكربون والذي عند ذوبانه في مياه الصرف ينتج حامض الكربونيك الضعيف (H_2CO_3)، وهذا الحامض يتفاعل مع مياه الصرف القلوية إلى الرقم الهيدروجيني المطلوب.

كقاعدة استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون المضغوط مناسب فقط في المصانع الصغيرة ذلك رغم أنه استخدام كثيرا في معالجة مياه الصرف من مصانع البيرة. إنتاج ثاني أكسيد الكربون أقل تكلفة من شراء الغاز المعبأ في زجاجات. التعادل بالغاز المضغوط يعمل بنفس المبدأ كما في حالة دفع دخان عادم الحريق. إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون في مياه الصرف باستخدام الحريق المغمور (Submerged Combustion) والذي هو عبارة عن حرق الغازات القابلة للاحتراق أسفل مياه الصرف. المعالجة بالحامض لمياه الصرف القلوية الاستخدام الأكثر فيها يكون باستخدام الأحماض المعدنية أو مياه الصرف الحامضية. وقد استخدم حامض الكربونيك على نطاق واسع ونتيجة التفاعل هي الماء والملح. يتكون ملح شديد الذوبان في حالة كون القلوى من أملاح الصوديوم. حامض الكربونيك إقتصادي عند شرائه بكميات كبيرة ونظرا لقوة حموضته فإنه يلزم الحرص في التداول والتخزين والاستعمال نظرا لعدوانيته. يمكن استخدام أحماض أخرى مثل حامض

النيتريك أو الهيدروكلوريك لإنتاج أملاح مذابة وماء ولكن حامض الكبريتيك أقل في التكلفة. قد تستخدم مياه الصرف الحامضية ولكن مع الحذر نظرا لاحتمال إحتوائها على معادن ثقيلة سامة كما في حالة مياه الصرف الحامضية الناتجة عن عملية معالجة الأسطح المعدنية بالأحماض أو سوائل ترسيب المعادن (Pickling Liquor, Plating Waters).

المعالجة المشتركة لمياه الصرف الحامضية والقلوية:

يمكن خلط مياه الصرف الحامضية والقلوية في المصنع الواحد أو ما بين مصانع متجاورة. عند إنتاج أحد المصانع لكل من المياه الحامضية والقلوية فإن الخلط المناسب في توقيتات مقاربة يمكن أن يحقق التعادل المطلوب. وقد يحتاج الأمر إلى أحواض تخزين مستقلة لكل من مياه الصرف الحامضية والقلوية وذلك لتوفير الخلط المناسب ولتجنب التدفقات العالية أو البطيئة لمياه الصرف الحامضية أو القلوية. وكذلك يلزم عمل الاجراءات لتدفقات مياه الصرف الضعيفة والتي لا تستطيع تحقيق التعادل لمياه الصرف القلوية.

الإعتبارات اللازمة في عمليات التعادل:

يلزم أن تعطى أهمية خاصة لاستعادة المواد ذات الفائدة في عمليات المعالجة المسبقة. تتوقف قيمة الاستفادة على حجم المشروع واحتياجات السوق وفرص إعادة الاستخدام داخل المصنع للمواد التي يتم إستعادتها. وهناك إعتبارات أخرى تشمل:

- الحذر من تلف الإنشاءات الخاصة بالتجميع والمعالجة.
- مراعاة الجانب الإقتصادي بالنسبة لتوفير الجرعة الكيميائية المناسبة، حيث يلزم عمل منحنى المعايرة بانتظام لتحديد الجرعة الكيميائية الاقتصادية.
- يلزم عمل دراسات تجريبية أو إختبارات تقنية مع عمل منحنى المعايرة.

- التقليل من الكيماويات المستخدمة، حيث تجرى عملية التعادل إلى أدناها وذلك بالمحافظة على الرقم الهيدروجيني أعلى أو أقل من الرقم الهيدروجيني المطلوب.

- المعالجة المشتركة لمياه الصرف الصناعى وذلك عندما تكون مياه صرف المصنع حامضية أو قلوية فقط فإنه يلزم البحث فى المصانع المجاورة عن وجود مياه صرف صناعى تصلح لعملية التعادل.

- التسوية للحصول على الحجم المناسب ولمنع التغيرات الحادة فى التدفقات أو التركيز.

- **نواتج التعادل:** حيث يلزم عند إختيار عمليات التعادل مراعاة الآتى:

- إزالة الأملاح الغير مذابة.

- الأملاح المذابة قد تزيد عن المعايير المقررة للصرف.

- وصول شبكات الصرف إلى معايير تزيد عن المعدلات المقررة لبعض المواد مثل المواد السامة، النيتروجين، الفوسفور.

- يلزم توفير وإضافة عوامل درئ (Buffering) لزيادة القدرة على التحكم مع احتمال تحقيق تشغيل إقتصادي.

- إعتبرات أخرى:

إعتبرات أخرى:

- لأغراض المعالجة البيولوجية يلزم المحافظة على الرقم الهيدروجيني ما بين ٦,٥ - ٨,٥ وذلك للحصول على كفاءة عالية للنشاط البيولوجى. العملية البيولوجية نفسها توفر تعادل وقدرة درئ نتيجة إنتاج ثانى أكسيد الكربون الذى يتفاعل مع المواد الحامضية والقلوية.

■ في حالة معالجة مياه الصرف الحامضية باستخدام طبقات الحجر الجيري يمكن أن يكون التدفق علوى أو سفلى وأقصى معدل تدفق سفلى هو ٤٠ لتر/ق/م^٢ وذلك لتوفير زمن مكث كافى. فى حالة أن يكون الحامض المتاح هو حامض الكبريتيك فإنه يجب ألا يزيد تركيزه عن ٠,٦% وذلك لخفض التغطية السطحية للحجر الجيري بطبقة من كبريتات الكالسيوم الخاملة ولتجنب الإنبعاثات الزائدة من ثانى أكسيد الكربون والذي يقيد إتمام عملية التعادل. وفى حالة استخدام الجير المطفى (Lime Slaking) فإن معدل التفاعل يزداد بالحرارة وبالتقليب وتفاعل الجير يتم فى عشرة دقائق ولذلك فإن تخزين لبن الجير (Lime Slurry) قبل التعادل يمكن أن يحقق إفادة وذلك بتركيز ٨-١٥%.

■ إن ضبط الرقم الهيدروجينى يعتبر عامل هام فى العمليات الكيميائية والبيولوجية. فمثلا نجد أن سمية السيانيد للأسماك تزداد مع إنخفاض الرقم الهيدروجينى، وكذلك تزداد سمية النشادر عشرة أضعاف عند رقم هيدروجينى ٨ عنه عند رقم هيدروجينى ٧. كذلك فإن إذابة المركبات المعدنية المرسبة فى قاع الحوض أو العالقة تتأثر بالرقم الهيدروجينى. كذلك فإن التعادل هام لحماية شبكات المواسير من التآكل والتلف.

الرقم الهيدروجينى المناسب لاستخدامات المياه هو:

٩ - ٥	مصادر المياه السطحية للاستخدام المنزلى
٩ - ٦,٥	المياه العذبة لحياة الكائنات الحية
٨,٥ - ٦,٥	المياه المالحة لحياة الكائنات الحية

الفصل السابع

إزالة المعادن الثقيلة (Heavy Metals Removal)

١- مقدمة:

المعادن الثقيلة موجودة بكثرة في الطبيعة وتدخل المياه خلال دورات العمليات الجيولوجية الكيميائية. كذلك يضاف كثير من المعادن إلى الماء بفعل الأنشطة المختلفة مثل العمليات الصناعية، الإنشائية، الزراعية، النقل. التركيزات العالية والغير طبيعية من مركبات المعادن المذابة قد تكون ضارة بالصحة والاستعمالات المختلفة للمياه، وتحديد أكثر فإن التركيزات العالية من المعادن الثقيلة في المصادر المائية تشكل خطورة على حياة الكائنات الحية وعلى ملائمة استخدام المياه للأغراض المختلفة وعلى كفاءة شبكات المياه ومياه الصرف وكذلك على حماية البيئة.

بيان بالمعادن الثقيلة ورموزها في الجدول الآتي رقم (١)

الرمز	المعدن	الرمز	المعدن
Fe	حديد	AL	ألومنيوم
Pb	رصاص	Sb	أنثيمون
Mg	مغنسيوم	As	زرنيخ
Mn	منجنيز	Ba	باريوم
Ni	نكل	Be	بريليوم
Si	سيلينيوم	B	بورون

المعدن	الرمز	المعدن	الرمز
كادميوم	Cd	فضة	Ag
كروم	Cr	قصدير	Sn
كوبالت	Co	تيتانيوم	Ti
نحاس	Cu	زنك	Zn
ذهب	Au		

الجدول رقم (٢) يوضح الصناعات التي يحتمل أن تكون مياه صرفها محتوية على هذه المعادن.

بعض المعادن غير ضار في حالة وجودها بتركيزات منخفضة، وفي الواقع فإن الكميات القليلة جداً أساسية في الغذاء (مثل الكوبالت، النحاس، والحديد، السيلينيوم، الزنك). بعض المعادن يمكن ان تكون سامة ولكن السمية يمكن أن تصنف إلى سمية حادة وسمية مزمنة، مساعدة على السمية، محدثة لتغير وراثي ومسببة للتشوهات الخلقية.

السمية الحادة تظهر بسرعة مع الهضم أو للالتصاق مركب المعدن بجروح معينة. النحاس المذاب يسبب أمراض معدية وغيثان. التأثيرات الناتجة عن الكروم تشمل أورام خبيثة في الرئة وحساسية الجلد وأمراض الكلى. أما السيلينيوم فسي التركيزات العالية فإنه سام ومسرطن ويسبب تآكل وتلف الأسنان. التأثير المزمن يكون ناتج عن الهضم أو التلامس لفترة زمنية. بعض المعادن مثل الكادميوم والخصائص تتراكم في أنسجة الجسم ولا يتم إفرازها ولذلك فإن النتيجة تكون هي التسمم المزمن. بعض المعادن تكون أكثر سمية عند إتخاذها مع بعض المعادن الأخرى أو في ظروف بيئية معينة وهذا التأثير يوصف بالمساعدة على السمية (Synergistic). فمثلاً تزداد سمية الكادميوم لوجود النحاس والزنك. سمية النحاس والزنك تزيد أو تقل طبقاً للظروف المائية مثل الرقم الهيدروجيني، درجة الحرارة،

العسر، العكارة، والمحتوى من ثاني أكسيد الكربون. بالنسبة للأحياء المائية تزداد سمية الرصاص في عدم وجود الأكسجين المذاب. السمية التي ينتج عنها تغير وراثي أو تشوهات خلقية تكون نتيجة إتحاد بعض المعادن مع المركبات العضوية وهذه المواد يمكن أن تحدث تغير في الجينات الوراثية أو تحدث تشوهات خلقية. وقد لوحظ التأثير السام للمعادن الثقيلة في حالة وجود جرعات معينة. وجود المعادن الثقيلة في المياه قد يجعلها غير مناسبة لبعض الاستخدامات. عند إختيار مصدر مياه الشرب فإن الاعتبارات الأساسية يجب أن تراعى المذاق، اللطع (Staining) والتآكل. نفس التأثير بالنسبة للحديد عند تركيز أكثر من ٠,٩ ملجرام/لتر والمنجنيز لأكثر من ٠,٠٥ ملجرام/لتر والزنك لأكثر من ٥ ملجرام/لتر. كلا من الحديد والمنجنيز قد يسبب لطع وتغير في لون الملابس وكذلك إعاقه حركة المياه في المواسير بواسطة تأثير البكتريا على الحديد أو تسبب قشور وترسيبات كما في حالة تأثير البكتريا على المنجنيز. وكذلك تتدخل المعادن في العمليات الصناعية فمثلا النحاس قد يسبب تفاعلات للنحاس ضارة في الصناعات الغذائية وقد يسبب ثقب في الألومنيوم وفي الصلب المجلفن في هذه الحالات فإنه يلزم عمل المعالجة المسبقة للمياه قبل الاستخدام. بعض المعادن في حالة وجودها في مياه الري يمكن أن تتلف المحصول، وهذا التلف يتمثل في إعاقه النمو للنبات، موت النباتات، أو تراكم المعادن بما يجعل الجزء المستخدم من النبات غير صالح كغذاء.

نظراً للتأثير الضار للمعادن الثقيلة على الموارد المائية فإن هناك معايير لتركيزها في مياه الصرف الصناعي عند صرفها على المجارى المائية أو في شبكات الصرف الصحي وذلك نظراً لخطورة هذه المعادن على عملية المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي. وهذا يتطلب المعالجة المسبقة لمياه الصرف الصناعي لإزالة المعادن الثقيلة.

٢- أثر المعادن الثقيلة على نظم المعالجة البيولوجية:

الأثر الرئيسى للمعادن الثقيلة على عملية المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى هو خفض كفاءة العملية البيولوجية نتيجة زيادة التركيز للمعادن الثقيلة السامة وخاصة فى حالة وجودها فى الشكل المذاب. ولكن تأثير هذه المعادن المذابة يمكن أن يقل مع استمرار وجودها فى النظم البيولوجية حيث يمكن أن تتأقلم مع كل ما هو معوق أو سام. وعلى الجانب الآخر فإن التأثير الضار لهذه المعادن السامة قد تزداد خطورته عند حدوث تغير فى الرقم الهيدروجينى فى حوض المعالجة البيولوجية. وذلك فى حالة أن يسبب التغير فى الرقم الهيدروجينى تغير فى تركيز المعادن السامة المذابة وفى الكميات التى تمتز (Adsorbed) كيميائياً أو طبيعياً فى الكائنات الدقيقة. ذلك أن التغير فى الرقم الهيدروجينى من ٨ إلى ٧ متر يزيد من إذابة المعادن السامة فى حالة وجودها كإندروكسيدات أو أكاسيد مذابة أو إذا امتزت على سطح الأجسام الصلبة.

ومهما كان السبب الحقيقى لتأثير المعادن الثقيلة فقد ثبت أن وجودها بتركيزات كافية فى المياه الداخلة للمعالجة البيولوجية يقلل من كفاءة التشغيل ويعمل على تراكم هذه المواد السامة فى وحدة المعالجة البيولوجية. نظراً لأن المواد القابلة للتحلل البيولوجى تتحول إلى ثانى أكسيد الكربون والماء فى النظام الهوائى، وتتحول إلى غاز الميثان وكبريتيد الهيدروجين والنشادر فى النظام اللاهوائى فإن المواد المعدنية الثقيلة لا تزال ولكن تزداد تركيزاً. ولذا فإن التركيزات المنخفضة فى المياه قبل المعالجة البيولوجية قد يزداد إلى ٢٠-٣٠ ضعف فى المواد الصلبة (الحمأة) المنتجة. التأثير الإضافى لتراكم المعادن الثقيلة فى المواد الصلبة المنتجة هو فى حالة نشرها على الأرض. لذلك فإنه فى حالة وجود المعادن الثقيلة السامة بمستويات مرتفعة فإنه يلزم الحرص فى نشرها فى الأراضى الزراعية حيث أن ذلك يقلل من الكفاءة الإنتاجية للتربة وكذلك تصبح الحاصلات الزراعية المنتجة غير صالحة.

التطبيقات الصناعية:

الجدول الآتي رقم (٢) يوضح كثيراً من الصناعات وبعض المعادن التي توجد

عادة في مياه الصرف الصناعي لهذه الصناعات.

الصناعة	المعادن الثقيلة في مياه الصرف	زئبق	باريوم	بورون	كاديوم	كروم	كوبالت	نحاس	حديد	رصاص	منجنيز	زنك	فلز	سيلينيوم	فئة	زئبق
الصناعات الميثاليرجية	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
صنع المعادن الغير حديدية	x				x	x		x		x			x	x		x
إستخلاص المعادن	x				x			x	x	x	x		x		x	x
تصنيع الأسلاك بالسحب			x					x	x							
ترسيب المعادن			x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x
صناعة السبائك	x				x		x						x		x	x
أفران الصهر		x						x	x				x			x
صناعة الزجاج	x	x	x	x	x	x	x						x			
صناعة السيراميك	x	x	x	x	x	x				x	x	x		x		
صناعة البورسلين	x			x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
صناعة البلاستيك					x								x			
صناعة المبيدات	x												x			
الصناعات الكيماوية العضوية	x				x				x							
الصناعات الكيماوية الغير عضوية	x				x	x		x	x	x				x		x
مبيدات الحشائش	x		x													
صناعة الأسمدة	x		x		x	x		x	x				x			
صناعة المنظفات	x		x													
صناعة للمطهرات			x										x			
مبيد الفطريات					x								x			
تكرير البترول	x							x	x	x						
صناعة الصبغات	x	x	x		x	x		x	x	x	x		x	x		

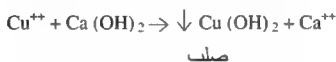
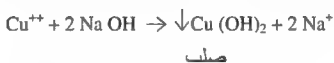
المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصناعية	زئبق	باريوم	بورون	كلسيوم	كروم	كوبالت	نحاس	حديد	رصاص	منجنيز	زنك	نيكل	سيلينيوم	فضة	زئبق
مواد حفظ الأخشاب	×		×		×		×			×					
مواد حفظ الجلود	×									×					
مواد التلوين	×			×	×	×	×		×						
صناعة البويات		×		×	×		×		×	×	×	×	×		×
الأدوية ومستحضرات التجميل			×							×					
صناعة الأحبار					×					×				×	
الغراء الحيواني			×												
صبغة الجلود	×			×	×		×		×						
مواد التصوير			×	×	×			×		×	×	×	×		
صناعة النسيج				×			×	×					×		×
صناعة الورق ولب الورق			×			×	×						×		×
الصناعات الغذائية								×						×	
صناعة الطباعة			×					×				×			×
صناعة القباب								×	×	×					
صناعة البطاريات	×			×					×	×		×			×
أصباغ التليغزيون				×					×						×
صناعة المجوهرات							×							×	
الصناعات الكهربائية والإلكترونية			×				×					×	×		
صناعة المفرعات		×							×			×			

٣- ترسيب وترسيب الأيدروكسيد: Hydroxide Coagulation / Precipitation

الطريقة التقليدية لإزالة المعادن الثقيلة هي بالترسيب الكيميائي للمعادن كإيدروكسيدات يليها الترسيب لجسيمات الإيدروكسيدات إلى زغبات أثقل وأكبر والتي عندئذ تنفصل عن الماء. هذه الطريقة يمكن أن تعمل على خفض تركيز المعادن ليكون من ٠,٣ إلى ١,٥ ملجرام/لتر وأحيانا يكون أقل من ذلك بكثير. عادة

المعادن الثقيلة تنزوب في المجال الحامضى وترسب في المجال القلوى ولذلك فإن إرتفاع الرقم الهيدروجينى لمحلول يحتوى على معدن إلى المجال القلوى يسبب ترسيب المعدن المذاب. وقد تنزوب المعادن ثائية عند رقم هيدروجينى مرتفع جداً. لذلك فإن لكل معدن مجال رقم هيدروجينى مناسب لترسيبه (جدول ٥ فصل معالجة مياه الصرف من الصناعات الكيمائية).

يزاد الرقم الهيدروجينى بإضافة قلوى مثل إيدروكسيد الصوديوم أو إيدروكسيد الكالسيوم لتوفير أيونات الإيدروكسيد. تتفاعل أيونات المعادن الثقيلة فى المحلول مع أيونات الايدروكسيد مكونه جسيمات صلبة فمثلاً بالنسبة للنحاس كالاتى:-

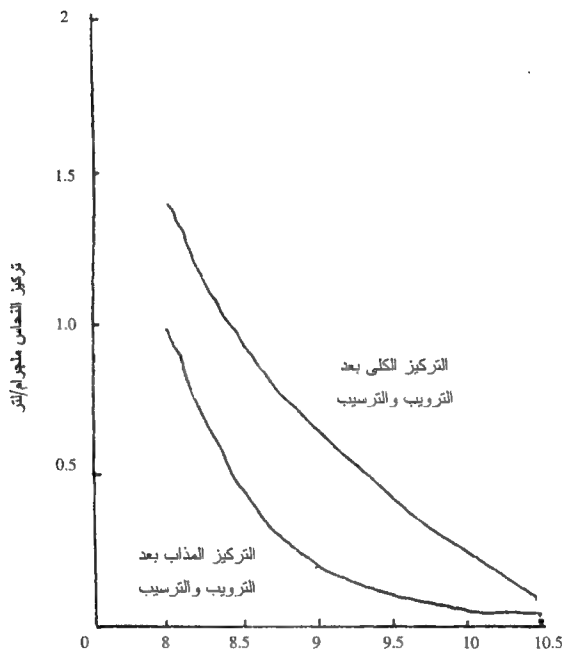


الرقم الهيدروجينى الذى عنده يكون المعدن أقل ذوبانا (أى يرسب) هو من صفات هذا المعدن. ولكن هذا الرقم الهيدروجينى المحدد يتغير طبقاً لعوامل أخرى فى المحلول مثل عوامل التغليف والنشاط السطحى (Chelating Agents And Surfactants) وهكذا وطبقاً لبعض الظروف ودرجات الحرارة. فمثلاً إذا كان النحاس هو الكاتأيون الوحيد فى محلول الماء المؤين عندئذ فإنه نظرياً أدنى رقم هيدروجينى للإذابة هو ٨,٩. أدنى رقم هيدروجينى للإذابة يعنى به أنه لازيادة فى ترسيب النحاس المذاب فى المحلول أى ليست النقطة التى عندها يرسب كل انحاس. وعلى الجانب الآخر فإن النحاس المذاب فى المحلول المحتوى على مخلوط من النحاس والزنك، الكروم، النيكل، الحديد قد يكون الرقم الهيدروجينى لأقل إذابة هو ٩,٥. وفى نفس المحلول فإن أقل ذوبان للزنك عند رقم هيدروجينى ٨,٥ والكروم والنيكل عند رقم هيدروجينى ١٠ والحديد عند ٩. يلاحظ أن الكروم يمكن ترسيبه كإيدروكسيد إذا كان فى حالة التكافؤ الثلاثى ولذا فإن الكروم السداسى

التكافؤ يلزم إختزاله إلى الثلاثى وذلك قبل الترسيب بالإيدروكسيد. لهذا السبب فإن بعض التجارب المعملية ضرورية لتحديد كلا من الرقم الهيدروجينى الذى عنده أقل إذابة للمعدن واحتمال التركيزات الناتجة ومطابقتها للمعايير. لكل نوع من مياه الصرف حتى مياه الصرف للصناعات المتشابهة قد يكون لها خصائصها الذاتية والتي تتطلب إجراء بعض التجارب.

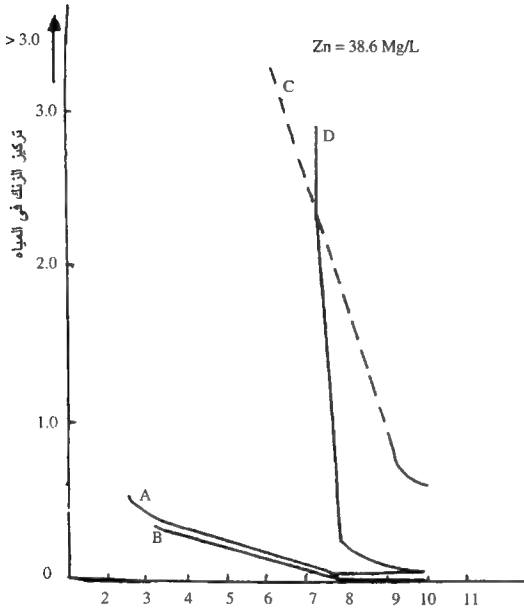
بعض هذه القواعد الأساسية موضحة فى الرسم البيانى فى الشكل (٧/١) حيث يوضح الرقم الهيدروجينى مقابل تركيز النحاس بغرض الترسيب لمياه الصرف الصناعى نتيجة عمليات التشطيب للمعادن المحتوية على النحاس ٧٨ ملجرام/لتر والزنك، الكروم، النيكل والحديد. وتم ضبط الرقم الهيدروجينى لدرجات مختلفة باستخدام لبن الجير وتم ترويب وترسيب المواد الصلبة وتم تحليل النحاس الكلى والنحاس المذاب فى المياه الرائقة بعد الترسيب. ومع زيادة الرقم الهيدروجينى من ٨ إلى ١٠,٥ فإن تركيز النحاس ينخفض. فى هذه العينة فإن أقل قيمة هى عند رقم هيدروجينى ١٠,٥ بخلاف القيمة النظرية عند ٨,٩ وعندئذ فإن بعض النحاس لايزال نتيجة الإتران الكيميائى. ولهذا فإن التركيز عند رقم هيدروجينى من ٩ إلى ٩,٥ يكون مناسب للصرف.

الاختلاف بين نوع مياه الصرف موضح فى الشكل (٧/٢) والشكل (٧/٣) حيث المقارنة بين الرقم الهيدروجينى وتركيزات الزنك والنيكل فى المياه الرائقة (Supernatant). وبمجرد تحديد الرقم الهيدروجينى وترسيب إيدروكسيد المعدن فإن الخطوة الثانية هى ترويب الأجسام العالقة إلى أجسام أكبر وأثقل لإمكات ترسيبها. وطبيعى فإن زغبات الإيدروكسيد تميل إلى الالتصاق مع بعضها البعض ولكن ليس بالدرجة الكافية التى تسمح بإزالة كل الأجسام العالقة. لتحسين الترويب والترسيب وإزالة الأجسام العالقة تستخدم مادة الترويب من البولى إيكتروليت. وبعد ترسيب الأجسام الصلبة يتم صرف المياه الرائقة فى حالة الرقم الهيدروجينى الغير مرتفع. يتم جمع الحماة لسحب المياه منها ثم التخلص منها.



شكل (٧/١) التركيز الكلى والتركيز المذاب فى المياه الرائقة مقابل الرقم الهيدروجينى لمياه الطلاء المعنى الكهربى

الحالات الأولى pH = 2.5 ، $cu = 78$ ملجم/لتر ، $zn = 0.53$ ملجم/لتر ، $cr = 79.5$ ملجم/لتر ،
 $Ni = 96$ ملجم/لتر ، $Fe = 13.4$ ملجم/لتر .



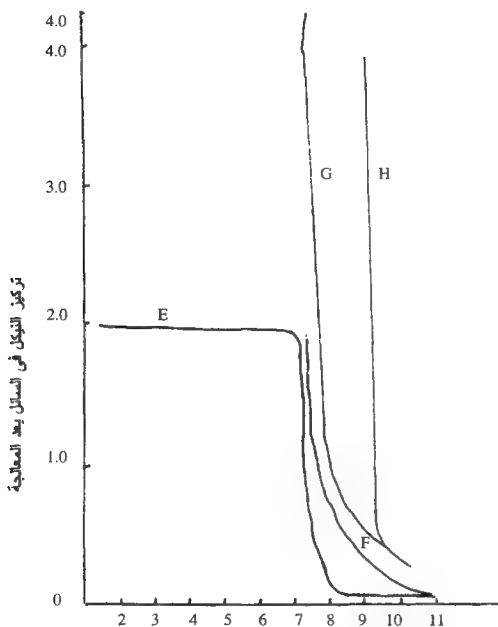
شكل (٧/٢) مقارنة الرقم الهيدروجيني مقابل التركيز الكلي للزنك في المياه الرائقة
(Supernatant) لمختلف مياه الصرف

A = مياه صرف ترسيب كهربى لمياه بها Cr ، Cu ، Fe ، Ni

B = مياه صرف طلاء البورسلين بها Cr ، Cu ، Fe ، Ni

C = مياه صرف لطلاء كهربى بها cd ، Cr ، Fe ، Ni ، Po_4

D = مياه صرف طلاء البورسلين على المعدن بها F ، Fe ، Ni ، Po



شكل (٧/٣) مقارنة الرقم الهيدروجيني مقابل التركيز الكلي للزنك في المياه بعد المعالجة لمختلف مياه الصرف

E = مياه صرف طلاء البورسلين بها «cr، cu، Fe، Ni»

F = مياه صرف طلاء البورسلين وتشطيب المعدن بها «F، Fe، Ni، PO_4 »

G = مياه صرف تخليل المعدن بها «Cr، cu، Fe، Zn»

H = مياه صرف تشطيب معدن بها «cr، Fe، Ni، Zn، PO_4 »

خطوات الإعداد للتصميم: Approach To Design

يلزم أولاً البدء فى تجميع البيانات للتعرف على طبيعة ودرجة المشكلة وزيادة التعرف على الطرق المناسبة لحل المشكلة. كما يلزم أن يتألف المهندس المصمم مع العملية الصناعية المنتجة لمياه الصرف وكذلك على المخطط العام للمصنع. ولمعرفة طبيعة ودرجة المشكلة يتم جمع عينات من مياه الصرف وقياس التدفقات على ثلاث مستويات. التدفقات المستمرة وغير المستمرة والتدفقات الطارئة (كما فى حالة العمليات المرحلية أو الغسيل). والتصرف فى نهاية الماسورة النهائية (كل مياه الصرف من المصنع)، وكذلك الأحواض المنفردة التى يتم صرفها أحياناً. يتم إختيار العينات بالنسبة للملوثات التى يمكن أن تتداخل فى عمليات الترسيب (مثل الزيوت والشحوم ومواد النشاط السطحي) وكذلك بالنسبة للملوثات التى وضعت لها حدود. بعد التعرف على الملوثات يتم إعداد الدراسات اللازمة لتحقيق أقصى معالجة لمياه الصرف والحماة والقواعد التصميمية لتحديد الطرق التبادلية والأحجام والمساحات حيث المشاكل التى تتطلب معاملة خاصة (مثل التدفقات المرحلية). يلى ذلك مقارنة هذه البدائل على أساس التكاليف الرأسمالية وتكاليف التشغيل والصيانة والعمر الافتراضى للمشروع والمساحات اللازمة ومدى الاعتماد عليه.

تعتبر المعايشة والتفهم لمختلف العمليات الصناعية فى المنشأة الصناعية أساسى عند تصميم برنامج أخذ العينات وخطة التحاليل. فمثلاً فى حالة إعداد أسطح المعادن بالمعالجة الكيميائية (Pickling) للتشطيب فإن البيانات الضرورية تشمل تسلسل العملية، حجم الأحواض، معدل تدفق المياه المستخدمة فى الغسيل. وكذلك التغذية بالكيماويات للأحواض ذات التركيز العالى، درجة الحرارة، وساعات التشغيل. كما أنه من المفيد معرفة المساحة السطحية وأوزان المواد الداخلة فى التصنيع وخاصة على ضوء الضوابط اللازمة لمقارنة أحمال الصرف بالنسبة

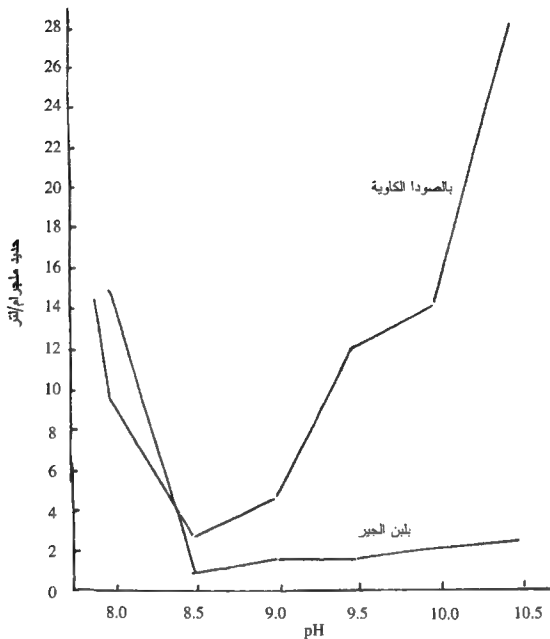
للمنتج النهائي. وهذه البيانات ستساعد في تحديد الأحجام اللازمة لإمكانات المعالجة وتقييم إمكانيات التقليل من استعمالات المياه وتحديد مصادر معينة أو المواد المتداخلة وإختيار مادة الصنع للإنشاءات. بعد التعرف على مصادر مياه الصرف الصناعي يبدأ عمل برنامج أخذ العينات. للحصول على عينات ممثلة للواقع يلزم إستمرار أخذ العينات مرتين أو ثلاث مرات من دورة التشغيل في حالة المصانع حيث نظام الإنتاج ثابت كل يوم. أما في حالة المصانع الأخرى فإنه يتم تصميم برنامج أخذ العينات طبقاً لبرنامج الإنتاج.

تبنى الدراسة الخاصة بالمعالجة على أساس نتائج التحاليل وتحديد التدفقات. وعادة فإنه طبقاً للمخطط العام للمصنع ووصلات المواسير القديمة والطريقة العملية التى تؤخذ بها العينات فإنه يلزم خلط العينات طبقاً لنسب التدفق لتصبح عينة مركبة وذلك لمحاكاة مياه الصرف فى ماسورة الصرف النهائي. وكذلك إذا كان الحد من استخدام المياه وارد ويمكن تقديره فإنه يلزم توفير عينات مركبة (Composite) وخلطها لمحاكاة مدى تأثير هذا التصرف على مخطط المعالجة. تقليل كمية المياه يزيد من تركيز المعادن بما ينتج عنه زيادة الرواسب لكل وحدة حجم من المياه. وكلما زادت المواد الصلبة العالقة كلما زادت القدرة على الترغيب بما يزيد من قدرة الترسيب وإزالة المعادن. توجد ميزتين لنقص المياه المستخدمة وهما خفض الإستهلاك الشهري من المياه المهذرة وصغر حجم أحواض المعالجة بما يقلل من التكاليف الكلية.

بعد تحديد خليط العينات المختلطة التى تحاكي المياه الداخلة إلى محطة المعالجة، يتم قياس التركيز الأولي للمعادن والرقم الهيدروجيني. وقد يتم عمل سلسلة من التجارب للتغير في الترسيب مع الرقم الهيدروجيني. بعد ركود المياه المرسبة يتم قياس تركيز المعدن في المياه الراكدة والرقم الهيدروجيني الذى عنده أقل تركيز للمعادن أو أن يكون تركيز المعادن في حدود المعايير المقرره، عندئذ

يتم إختيار هذا الرقم الهيدروجيني كأفضل رقم هيدروجيني للتفاعل. هذه التجارب تتم عادة باستخدام لبن الجير أو الصودا الكاوية أو بعض المواد القلوية الأخرى، حيث يمكن تفصيل أى منها عن الآخر طبقاً للظروف. من وجهة نظر الصيانة يفضل استخدام إيدروكسيد الصوديوم لسهولة إضافته. أما لبن الجير فإن أدائه أفضل وذلك فى حالة التركيز المنخفض للمعدن حيث أنه يكون بأحجام كبيرة فى المحلول بما يساعد على الترسيب شكل (٧/٤). لبن الجير يزيل التركيزات العالية من أيون الكبريتات بترسيب كبريتات الكالسيوم، وهو رخيص التكاليف ولكنه منتج لكميات كبيرة من الحمأة، يلزم التحضير للجير المطفى فى شكل الروبة (Slurry) وضخه لأنه يرسب ويعيق التدفق فى المواسير. عند إضافة هذه الكيماويات إلى مياه الصرف يلزم ملاحظة الحجم اللازم للوصول إلى الرقم الهيدروجيني المطلوب. هذه البيانات ضرورية عند تقدير طاقة بعض البيانات مثل طاقة الطلمبات وإمكانات تخزين الكيماويات وتقدير تكاليف التشغيل.

قد تكون إضافة البوليمر غير ضرورية وذلك فى حالة سرعة ترسيب المواد الصلبة بضبط الرقم الهيدروجيني مع ترك مياه رائقة. عادة تكون الخطوة التالية فى دراسة المعالجة هى إختيار التقنية (Jar Testing) وذلك لإختيار أفضل البلمرات وأفضل جرعة. فى هذه التجربة يتم وضع عدة قنينات أو كؤوس محتوية على عينات من مياه الصرف التى تم ضبط رقمها الهيدروجيني والتى توضع أسفل عدة خلاطات ويوضع فى كل قنينة وفى وقت واحد إما جرعات متساوية من بلمرات مختلفة أو جرعات مختلفة من بوليمر واحد شكل (٤/ملحق أ). بعد خلط العينة لفترة زمنية محددة فإنه يمكن مقارنة كفاءة البوليمر أو الجرعة بالنظر. يمكن مقارنة العينات ذات المياه الرائقة الأكثر نظافة بالتحاليل. الكفاءة المطلوبة لخاصية البوليمر هى لإنتاج زغبات (Flocs) ثابتة وذات سرعة ترسيب عالية مع إنتاج مياه ذات محتوى قليل جداً من الجسيمات التى تظل عالقة. سرعة تشغيل الخلاط قد تختلف لتحديد



شكل (٧/٤) مقارنة تأثير بلين الجير مقابل الصودا الكاوية في إزالة الحديد من مياه الصرف
المنتجة من غسل الحديد بالفوسفات، تخليل الصلب، طلاء البورسلين.
يوضح المخطط أن هناك إختلافات

الطاقة المناسبة المطلوبة. بعد تحديد أفضل المروبات والجرعة المناسبة يتم البدء في عمل إختبار الترسيب (Settling Test). أو لا يتم وضع الماء الذى تم ضبط رقمه الهيدروجينى فى مخبر مدرج أو فى حوض مصمم لإختبارات الترسيب. يتم وضع البوليمر عند الجرعة المحددة ثم الخلط. بمجرد توقف الخلط يتم تسجيل ارتفاع الحماة مع الوقت حتى يصل معدل الترسيب إلى الصفر. يتم رسم هذه النتائج على منحنى للحصول على خصائص منحنى الترسيب، حيث يستفاد بهذا المنحنى فى تعيين معدل التدفق أو التحميل السطحي فى عملية الترسيب. إيدروكسيدات الأملاح التى تتروب مع البوليمر الجيد بالجرعة المناسبة ترسب عادة بسرعة عالية، ولكن نظراً للتغيرات التى تحدث فى المصنع فإنه يتم مراعاة عامل الأمان بالنسبة لحساب معدل التدفق. يستخدم معدل التدفق لحساب المساحة السطحية المؤثرة لعملية الترسيب. فى حالة الزغبات الكبيرة والتى ترسب فوراً فإن معدل التدفق (التحميل السطحي) يمكن أن يكون مرتفع حتى ٦٠ متر مكعب / المتر المربع / اليوم ولكن التصميم يجب ألا يزيد عن ٤٠ متر مكعب / المتر المربع / اليوم وعادة تتراوح قيمة التحميل السطحي ما بين ١٠ - ٣٠ متر مكعب / المتر المربع / اليوم.

الخطوة الأخيرة فى دراسة المعالجة هى تقييم إزالة المياه من الحماة المرسبة (Sludge Dewatering Capacity). معظم حماة الايدروكسيد بعد الترسيب يكون محتواها من الماء من ٩٦-٩٩% كما يمكن سحب المياه لتصل إلى ٦٥-٨٥%. حالياً الطرق المستخدمة لسحب المياه من الحماة هى طبقات التجفيف الرملية، الترشيح بالتفريغ، أو الترشيح بالضغط. يتوقف إستخدام طبقات الرمل للتجفيف على المناخ ولكن يمكن محاكاة هذه الطريقة فى المعمل وذلك بعمل عامود من الرمل ثم وضع الحماة على السطح ثم تقييم كمية الترشيح ونوعيته ثم أخيراً كمية الرطوبة فى الحماة.

إستخدامات سحب المياه (الترشيح) بالتفريغ أو بالضغط يمكن تصميمها من ناتج إختبارات المقاومة النوعية وورقة الترشيح على المستوى المعمل.

إختبار المقاومة النوعية يستخدم لتعيين إمكانية الترشيح (سحب المياه) للحمأة. يتم عادة إعداد الحمأة بمركب كيميائى مثل الجير (Lime) أو البوليـمر أو كلوريد الحديدى قبل الترشيح. هذا الاختبار يفيد فى تحديد ما هى الكيماويات المستخدمة وكذلك الجرعة المناسبة لسحب المياه من حمأة معينة وأقصى جرعة تحقق أدنى قيمة للمقاومة النوعية. طريقة الاختبار هى بوضع عينة حمأة معالجة أو غير معالجة فى جهاز قمع بوخنر (Buchner Funnel) تحت التفريغ مع القياس لكمية المياه المرشحة مع الوقت. يتم كذلك تعيين كمية المحتوى من الرطوبة الأولية والنهائية بالنسبة للحمأة. يتم عمل منحنى لكل من المياه المرشحة (Filterate) مقابل الوقت مقسوماً على الحجم، وهذا المنحنى (b) يتم حسابه خلال أفضل خط ملائم خلال النقط. قيمة المقاومة النوعية (R) بالسنتيمترات على الجرام يتم حسابها بالمعادلة:

$$R = \frac{2 b P A^2}{M C}$$

حيث:

b = منحنى المياه المرشحة : ثانية / سم³.

P = التفريغ المستخدم كيلو نيوتن / م² (Kn/m²)

A = المساحة متر مربع

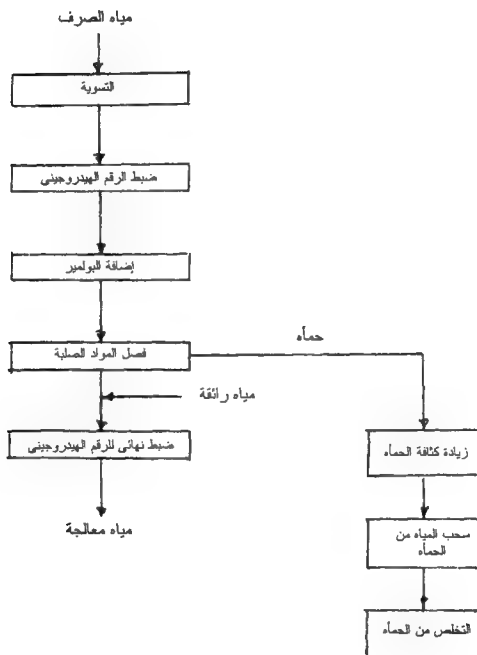
M = لزوجة المياه المرشحة نيوتن. ثانية / متر مربع (N.s / m²)

C = المواد الصلبة المرسبه لكل حجم من المياه المرشحة جرام / سم³.

بعد تحديد ما إذا كان عامل المعالجة (Conditioning Agent) مفيد أم لا ضرورة له، يمكن عمل إختبارات ورقة الترشيح. وهذه الإختبارات سوف تحدد نوع نسيج الترشيح الذي يمكن استخدامه وحجم الترشيح بالتفريغ أو الترشيح بالضغط وكمية الرطوبة في قشور الحماة (Cake)، كمية المياه المرشحة، ومتغيرات أخرى في الإختبار قد تشمل الوسط الترشيحي وزمن الدورة. نتائج جمع البيانات تحدد العمليات الضرورية وأحجامها في وحدة المعالجة الأخيرة.

المخطط العام لترويب وترسيب إيدروكسيد المعدن بالنسبة لوحدة المعالجة للمياه في الماسورة النهائية للمنشأة الصناعية شكل (٧/٥). توجد تصميمات متعددة ومحددة وتتناسب مع هذا الإطار العام. تعتبر التسوية ضرورية لضبط التغيرات في معدل التدفق والرقم الهيدروجيني والتركيز. تتم عملية ضبط الرقم الهيدروجيني في حوض خلط حيث زمن المكث ١٠-١٥ دقيقة. وهذا الحوض يمكن أن يجهز بجهاز قياس الرقم الهيدروجيني لضبط الكمية المستخدمة من الصودا أو الجير. أما خطوة إضافة البوليمر فيمكن أن تتم كذلك في حوض خلط زمن مكث ١٠-١٥ دقيقة وكذلك يمكن أن يضاف البوليمر في الخط (In Line) لعملية فصل المواد الصلبة حيث يتوقف ذلك على طريقة الفصل التي تم إختيارها.

الماء الرائق بعد فصل المواد الصلبة قد يتطلب ضبط نهائي للرقم الهيدروجيني قبل الصرف على شبكات الصرف وذلك في حالة زيادة الرقم الهيدروجيني عن المعايير المقررة للصرف. الحماة الناتجة يتم جمعها لسحب المياه، كما يمكن نقلها مباشرة إلى أحواض التجفيف الرملي حيث يتم بعد ذلك جمعها والتخلص منها. الحماة الجافة تستخدم في عمليات الردم مع مراعاة أنها تشكل خطورة على الصحة العامة.



شكل (٧/٥) المخطط العام لترويب وترسيب المعادن

بدائل عمليات فصل المواد الصلبة Solid Separation Process Options

توجد طرق كثيرة لفصل المواد الصلبة من المياه نتيجة السّرويب والترسيب الأكثر شيوعاً في الاستخدام هي معالجة إيدروكسيد المعدن التّلى سبق شرحها والشكل (٧/٦) توضيح تخطيطى لبعض الأمثلة وهذه تشمل:

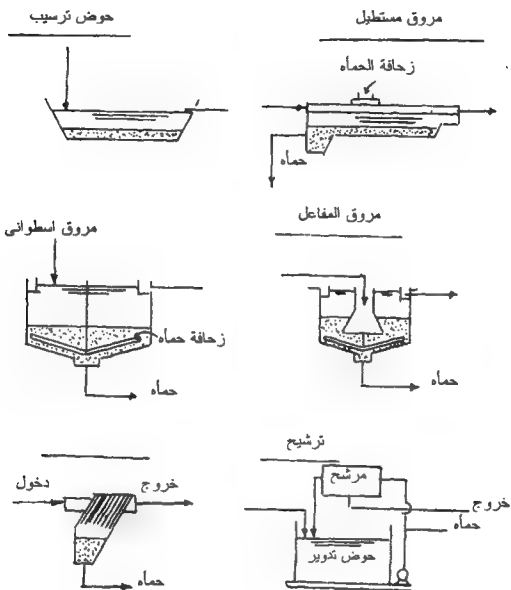
١- حوض أو بركة الترسيب: (Sedimentation Pond or Lagoon)

وهو عبارة عن حوض مستطيل فى الأرض الترابية وقاعدته من الخرسانة ويتحدد حجمه بأحد طريقتين:

أحدهما أن يتم التصميم على أساس معدل التدفق السطحي الذي يمكن حسابه من دراسات المعالجة لإعطاء المساحة السطحية المطلوبة، والطول اللازم للحوض لتأكيد أن أصغر الجسيمات من خاصية هذه المياه لديها المسافة الكافية لترسب. ومع رسوب الحمأة فى قاع الحوض فإن كفاءة النظام تقل بما يتطلب إزالة الحمأة المتركمة.

والطريقة الثانية هي أنه يمكن تصميم الحوض على أساس تراكمات الحمأة فمثلا يمكن أن يصمم الحوض بأكثر من بطارية حيث عندما تكون أحد البطاريات فى النظافة تكون الأخرى فى الاستخدام.

سليبات أحواض أو برك الترسيب هي طبيعة الحمأة المحبة للمياه (Hydrophilic) حيث لا تنفد المياه بسهولة مع الوقت، هذا بالإضافة إلى ميل الجسيمات الصلبة إلى الالتحام معا، كما أن أحواض أو برك الترسيب الترابية تحتاج إلى مساحات كبيرة من الأرض.



شكل (٧/٦) أمثلة لعمليات فصل المواد الصلبة

المروقات التقليدية:

تم استخدام المروقات التقليدية للتغلب على المشاكل المتعلقة ببرك الترسيب. المروق يمكن أن يكون مستطيل أو مستدير وله قاع محدب مخروطي. يكون المروق مجهز بكاسحة نوارة يتم تشغيلها بمصدر طاقة. تعمل الكاسحة بتجميع الحمأة المترسبة إلى أدنى نقطة في القاع للصرف. يمكن أن يجهز المروق المستطيل أو حوض الترسيب بتجهيزات متحركة لجمع الحمأة والتي تقوم بكشط الحمأة إلى قادوس جمع الحمأة. يتوقف حجم الحوض على أساس تصميم معدل التدفق السطحي لتحديد المساحة السطحية المؤثرة. تنقل الحمأة من آن إلى آخر إلى حوض أو بركة حيث تسحب المياه أو تزداد كثافة الحمأة مع مرور الوقت. في حالة الحاجة إلى ترشيح الحمأة أو السحب الميكانيكي للمياه يسمى هذه الحوض بمكثف الحمأة (Sludge Thickener). وهو يشبه المروق ولكن حجمه طبقاً لزمان المكث قبل مرحلة سحب المياه.

المروق نو. التلامس للمواد الصلبة: (Solids Contact Clarifier)

هذا المروق يشبه المروق التقليدي ولكن مع إضافة قمع مقلوب في الوسط وقريب من السطح. المياه التي تم ضبط رقمها الهيدروجيني مع البوليمر تدخل إلى المروق من خلال قمة القمع، حيث تتكون الزغبات داخل القمع وتبدأ في الترسيب. وبدلاً من استمرار سحب الحمأة فإنها تتراكم في مستوى فوق الطرف السفلي للقمع حيث تتكون طبقة كثيفة من الحمأة تسمى (Sludge Blanket) وهذه الطبقة الكثيفة من الحمأة تعمل كنواة لتكوين الزغبات وكذلك كمرشح للزغبات صغيرة الحجم. تتدفق المياه الرائقة خلال الطبقة الكثيفة للحمأة ثم إلى أعلا من خلال هدار حول قمة المروق.

الترسيب بالألواح المائلة: (Tilted Plates Settler)

وحدة الترسيب بالألواح المائلة عبارة عن وحدة عميقة مستطيلة مجهزة بعدة الألواح متوازية مائلة بزاوية (عادة من 45° - 55°) وبفاصل من ٢٥ - ٥٠ ملليمتر (١ أو ٢ بوصة) بين كل لوح والآخر. النظام العادي المتبع هو مرسب لامبلا (Lamella Settler). المياه التي تم ضبط رقمها الهيدروجيني وأضيف لها البوليمر تتدفق لأعلى خلال الألواح المائلة مع رسوب جسيمات الزغبات على الألواح والتي تتزلق إلى مكان جمع الحمأة في وحدة الترسيب. فائدة وحدة الترسيب هذه هي أن الزغبات لديها مسافة قصيرة حيث ترسب وذلك نظراً لتوفير مساحة سطحية كبيرة بواسطة الألواح المتقاربة المائلة. الحجم الكلى للوحدة صغير جداً مقارنة بالمرووق التقليدي بنفس الكفاءة، هذا بالإضافة إلى أن هذه الوحدة يمكن تصنيعها في أى مكان ثم تنقل لتركيبها في موقع الإنشاء. وهذه الألواح المائلة يمكن كذلك إنشائها في المروقات الثقيلة لزيادة المساحة السطحية الكلية. وقد تحدث مشاكل في التشغيل في حالة التراكم الزائدة للحمأة عن القدر المخصص لها بما يجعل من الصعب إزالتها وهذه المشكلة يمكن أن تتعقد في زيادة إضافة البوليمر.

نظم الترشيح:

صممت نظم الترشيح كبديل لمرحلة الترسيب. فمثلاً بمجرد تكون الزغبات فإنه يمكن ترشيح الزغبات من مياه الصرف بواسطة المرشح الذى يعمل بالضغط والذى يسمى (Filter Press) حيث عادة تستخدم المواد الحرجية والتي تسمى (Diatomaceous Earth) لإنتاج مياه مرشحة وقالب من الحمأة. هناك وحدة أخرى مستخدمة عادة والتي تتكون من طبقات الترشيح الغير ملاصقة (Filter Module) لحوض التخزين. حيث تتراكم الحمأة في طبقات المرشح ويتم تدويرها إلى حوض

التخزين. وإذا كانت المياه المرشحة رائقة يمكن صرف الحمأة وإلا يعاد تدويرها للعملية.

اعتبارات التشغيل:

- إنه من الضروري المراجعة لنظم ضبط الرقم الهيدروجيني، نظافة عامود القياس للرقم الهيدروجيني ومعايرته من آن إلى آخر ذلك لأن ترسيب الأيدروكسيد يتوقف على الرقم الهيدروجيني.
- يلزم عمل إختبار القنينة (Jar Test) من آن لآخر وذلك لتعظيم أداء جرعة البوليمر وتأثيرها وخاصة في حالات عدم وجود حوض للتسوية.
- إن عملية ترويب / ترسيب الإيدروكسيد مستهلكه للوقت، حيث تتطلب عملية سحب المياه من الحمأة وقت كبير سواء بتنظيف المرشحات أو إزالة قوالب الحمأة الجافة من طبقات الرمل، المحافظة على حركة الحمأة فسي المواسير، تحضير المحاليل الكيميائية، صيانة الطلمبات والمحابس والخلاطات، وكاسحات الحمأة واستمرار كفاءة الأداء لنظم التحكم وإجراء التحاليل الكيماوية لتقييم كفاءة الوحدة.

التحول الكيماوى: (Chemical Conversion)

يوجد نوعين فقط من التحول الكيماوى المطلوب وذلك قبل القيام بعملية ترسيب الأيدروكسيد وهما إختزال الكروم السداسى وتدمير السيانيد. (Hexavalent Chromium Reduction' Cyanide Distruction) أفضل تنفيذ لهذه التحولات هي وحدات المعالجة المنفصلة وذلك ليتمكن معالجة حجم صغير من مياه الصرف بدلا من معالجة كل المياه. نظراً لأهمية التحويل لكل من الكروم السداسى التكافؤ والسيانيد فإن كثيراً من المنشآت الصناعية تتجنب إستخدامهم وذلك فى حالة إمكان إستخدام البدائل.

إختزال الكروم السداسى:

يستخدم الكروم السداسى فى بعض الصناعات رغم أن الكروم ثلاثى التكافؤ يكون إندروكسيد الكروم $[Cr(OH)_2]$ الذى يرسب إلا أن الكروم السداسى لا يرسب كإندروكسيد مع إضافة القلوى. يمكن تحويل الكروم سداسى التكافؤ إلى الثلاثى التكافؤ بالاختزال الكيميائى. يحدث تفاعل الإختزال بسرعة عند رقم هيدروجينى ٢ بإضافة ثانى اكسيد الكبريت أو بايسلفيت الصوديوم $(Na_2 H SO_3)$ أو سلفيت الصوديوم $(Na_2 SO_3)$. ويمكن التحكم فى عملية الاختزال وإكمالها بواسطة جهاز قياس جهد الأكسدة والاختزال (Redox Potential) حيث تتغير قراءة هذا الجهد تبعاً لخصائص مياه الصرف الصناعى. وكذلك يمكن معرفة التغير أو الاختزال بالتغير فى اللون من الأصفر إلى الأزرق. وعند هذا الحد يمكن إضافة القلوى لترسيب الكروم الثلاثى وكذلك يمكن إضافة مياه الصرف إلى مياه صرف أخرى لترسيب الأيدروكسيد.

تدمير السيانيد:

يعتبر تدمير السيانيد هام (CN^-) فى إزالة المعادن وذلك نظراً لأن السيانيد يكون مركبات معقدة (Complexes) مع المعادن بما لا يمكن من ترسيب هذه المعادن كإندروكسيدات. ولكن مع كسر الرباط ما بين المعدن والسيانيد فإن المعدن يتحرر ليرسب فى ظل الرقم الهيدروجينى المناسب. يعتبر تدمير السيانيد هام كذلك فى المعالجة المسبقة حيث الجرعات العالية المفاجئة من السيانيد فى محطات المعالجة البيولوجية يمكن أن تدمر الكائنات الدقيقة النشطة أو أن تمر من خلال محطة المعالجة إلى مجرى الصرف. التركيزات القليلة من السيانيد (سواء كان حر أو فى شكل معقد من أيونات السيانيد) قد يتم تدميرها بواسطة الكائنات الحية الدقيقة فى

محطة المعالجة والتي تكون قد تأقلمت عليها. عملية تدمير السيانيد تتم على مرحلتين.

المرحلة الأولى تشمل تحويل السيانيد إلى السيانيت (C N Ó) بواسطة هيبوكلوريت الصوديوم (Na O Cl) عند رقم هيدروجيني ١٠ أو أكثر. ومع خفض الرقم الهيدروجيني إلى ٨,٥ يتحول السيانيت إلى ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين. وهذه المرحلة تحتاج إلى حوالي ٣٠ دقيقة ونقطة النهاية للتفاعل يمكن التحكم فيها بواسطة مقياس جهد الأكسدة والإختزال أو بتغيير اللون من الأخضر إلى الأزرق.

المرحلة الثانية تحتاج إلى ١٠ دقائق ولأغراض التصميم فإن كمية الكيماويات اللازمة يلزم تحديدها بالتجارب العملية. في التنفيذ يمكن التحكم في التفاعل باستخدام جهاز قياس جهد الأكسدة والإختزال وجهاز قياس الرقم الهيدروجيني. المياه الناتجة يمكن إضافتها لمياه صرف أخرى لترسيب المعادن. في حالة استخدام السيانيد بكميات كبيرة في العملية الصناعية فإنه يفضل استخدام نظام التبخير والاسترجاع بهدف إعادة الاستخدام لبعض السيانيد أو لتركيز الصرف المحتوى على سيانيد بما يقلل من حجم إمكانيات تدمير السيانيد وبالتالي خفض التكاليف.

٤- إعتبارات تصميمية أخرى:

توجد طرق أخرى متعددة لإزالة المعادن الثقيلة وسيتم مناقشة بعض منها كما أن بعضها يمكن استخدامه في معالجة المياه في ماسورة النهاية لمياه الصرف. ولكن من الناحية الاقتصادية تكون مناسبة في معالجات التشطيب (Polishing Treatment) مثل حالات الترسيب بالكربونات أو السلفيد (كبريتيد) أو كتقنيات التحول مثل التبادل الأيوني أو التناضح العكسي وطرق أخرى.

التبادل الأيوني: (Ion Exchange)

عملية التبادل الأيوني تتكون من تبادل الأيونات المرغوب فيها من الراتنج بالأيونات غير المرغوب فيها والمذابة في الماء والتي تحمل شحنة هيدروستاتيكية مشابهة. الراتنج (Resin) له تركيب متشابه من أجسام التي تمتاز أيونات ذات شحنة خاصة. راتنج الكاتايون في حالة عدم الاستخدام به كاتايونات مثل الهيدروجين (H^+) المرتبطة بحبيبات الراتنج. مع التصاق مياه الصرف المحتوية على المعدن بالراتنج فإنه يحدث تبادل بالإدمصاص ما بين أيونات المعدن وأيونات الهيدروجين (H^+). عندئذ يوجد في الراتنج أيون المعدن وفي مياه الصرف أيون الهيدروجين. وأخيراً فإن كل حبيبات الراتنج يكون ملتصق بها أيونات المعادن الثقيلة. عندئذ فإن كاتايونات الراتنج يلزم تنشيطها بمحلول حامضي لإزالة أيونات المعادن الثقيلة وإعادة نشاط الراتنج بأيون الهيدروجين. المحلول المحتوي على المعدن يتطلب عندئذ المعالجة مثل الترسيب بالإيدروكسيد لإزالة المعدن.

وبالمثل يوجد كذلك تبادل أن أيوني لتبادل أيونات الكبريتات، الكلوريدات، الكرومات، السيانيد ببعض الآن أيونات المطلوبة مثل أيون الإيدروكسيد (OH^-). توجد أنواع مختلفة من الراتنجات لكل منها الاستخدام المناسب لأيونات معينة.

في معالجة مياه الصرف يكون الراتنج موجود عادة في عمود حيث تمر مياه الصرف خلال هذا العمود (Column) تحت ضغط. ولذلك فإن الجهاز الذي يتكون من أربعة أعمدة منهم عمودين بهم الراتنج الكاتايوني والعمودين الآخرين بهم الراتنج الآن أيوني حيث تتم العملية بالتتالي أو بالتوازي. العمل بالتوازي أكثر سهولة حيث الراتنج في العمود الأول من أعمدة الكاتايون بعد أن يستهلك (يحدد بمقياس التوصيل الكهربائي للسائل الخارج) يتم توجيه التفتحات من مياه الصرف إلى العمود الثاني بينما العمود الذي إستعمل يتم تنشيطه. أما في حالة العمليات بالتتالي

حيث تتدفق مياه الصرف خلال العمودين عادة مع إعتبار العمود كشرطى حتى لا يحدث تسرب عند حدوث إستهلاك للعمود الأول (Exhausted). عندئذ توجه المياه الداخلة إلى العمود الثانى والعمود الأول يتم تنشيطه ثم يوضع بعد ذلك فى الخدمة كالعمود الثانى. هذا النظام يتطلب مراقبة جيدة ولكن إستخدام أقل للكيماويات اللازمة لتنشيط الراتنج.

تنشيط أعمدة التبادل الأيونى:

يتم تنشيط الأعمدة فى تسع خطوات:

أولا يتم تصريف مياه الصرف من العمود، ثم يتم تقليب الراتنج بالهواء المضغوط يلى ذلك الغسيل بمياه الشرب ثم صرفها. بعد التهوية للتخلص من الهواء المضغوط يبدأ التنشيط. ينشط الراتنج الكاتايونى بحامض بتركيز من ٨-١٠% بالحجم والراتنج الآن أيونى ينشط بالصودا الكاوية بتركيز ٤% بالحجم. يتم تصريف الكيماويات ويضاف ماء الشرب ويستمر الغسيل حتى الوصول إلى رقم هيدروجينى ٣-٤ للمياه الخارجة من عمود الكاتايون وإلى رقم هيدروجينى ١٠-١١ للمياه الخارجة من عمود الآن أيون. العمود عندئذ يكون جاهز للاستخدام. كل المياه والكيماويات التى إستخدمت فى عملية التنشيط يلزم معالجتها لإزالة المعادن.

استخدامات التبادل الأيونى:

عملية التبادل الأيونى تزيل المعادن بدرجة مؤثرة ولكن نظراً للتكاليف الأولية لهذا النظام المتطور وكذلك تكاليف الصيانة والتشغيل والكيماويات اللازمة للتنشيط فإن التبادل الأيونى أكثر قبولا للتنشيط فى حالات معينة عن الأخرى. وللمحافظة على عمر الراتنج ولتقليل عدد مرات التنشيط وبالتالي تكاليف الكيماويات فإن نظام التبادل الأيونى يلزم أن يصمم بما يتطلب للتنشيط ما لايزيد عن مرة واحدة فى اليوم ويفضل مرة واحدة كل أسبوع. إذا كانت مياه الصرف الصناعى الداخلة إلى

العامود مركزة عندئذ فإن خفض معدل التدفق سوق يقلل من التكاليف الأولية للجهاز مع إتران هذين الاعتبارين فإن خفض كلا من الحمل الكيماوى والحمل الهيدروليكى هو المفتاح إلى نظام تبادل أيونى إقتصادى وناجح. وهذه القاعدة هى التى تحدد جدوى استخدام هذه الطريقة.

وقد استخدم التبادل الأيونى فى معالجة مياه الصرف الصناعى لعملية تشطيط نهائى وتلميع بعد المعالجة بالترويب والترسيب بالإيدروكسيد وذلك فى حالات المعايير الحاسمة والمشددة لمياه الصرف المعالجة. أما فى حالة معالجة المياه الكلية الخارجة من الماسورة النهائية للمصنع فليس هذا عملياً حيث أن العامود يلزم أن يصمم بالنسبة للتدفق الكلى للمصنع رغم أن الحمل الكيماوى يكون منخفض جداً.

نظراً لأن المياه المعالجة بالتبادل الأيونى عادة تكون ذات نوعية أفضل من مياه الشرب فإن العملية قد تستخدم لتوفير مياه الغسيل لبعض المنتجات فى المنشآت الصناعية. الموامة ما بين الأحمال الكيمايائية والهيدروليكية على جهاز التبادل الأيونى يمكن تحقيقها أحياناً بمعالجة مياه الغسيل (Rinse) فقط من العمليات الصناعية.

أكثر الراتنجات شيوعاً فى الاستخدام لهذه التطبيقات هو راتنج الكاتأيون شديد الحموضة وراتنج الآن أيون ضعيف القلوية وشديد القلوية (إزالة أيونات السيانيد والفلور (CN⁻, F⁻). أما باقى كل مياه الصرف بالإضافة إلى مياه التنشيط للمبادل فإنها تعالج فى نظام إزالة المعادن الثقليدى والأقل تكلفة.

يمكن إستخدام التبادل الأيونى لاستعادة المواد الثمينة من مصدراها. كثير من معامال التصوير تستعيد الفضة بتمرير مياه الصرف لعمليات التحميض والطبع خلال اعمدة المبادل الأيونى ثم يتم جمع الفضة من محلول التنشيط. إستعادة معادن

ثمينة أخرى مثل الذهب والبلاتين يمكن أن تتم كذلك بالتبادل الأيوني. كما يستخدم التبادل الأيوني في إستعادة معادن أخرى مثل النحاس.

التمهيد للتصميم: (Approach To Design)

يلزم تحديد الحمل الهيدروليكي والكيميائي للمياه الداخلة إلى العמוד عند تصميم التبادل الأيوني. الحمل الهيدروليكي يحدد حجم العמוד، الحمل الكيميائي يحدد كمية الراتنج وزمن الخدمة وكمية الكيماويات اللازمة للتشغيل. نظام التبادل الأيوني والنظام التقليدي لمعالجة مياه الصرف يجب أن يقيم من ناحية التكاليف الكلية وتكاليف التشغيل والصيانة والوفر في المساحات والوفر في المياه ومستقبل الصناعة ومستوى مهارة العمالة.

إعتبارات التشغيل:

- عملية التبادل الأيوني هي عملية متطورة لمعالجة مياه الصرف. وهي تتطلب الحرص في التشغيل والنظم للعملية والقدرة على التحكم فيها. وفي حالة إرتباط عملية التنوير والتبادل الأيوني مع عملية ترسيب المعدن فإن ٢٠% من الوقت اللازم للصيانة والتشغيل يكون من نصيب عملية التبادل الأيوني، ٨٠% لعملية الترسيب.

- الأعمدة الممتلئة بالراتنج يجب أن يسبقها مرشح متعدد الوسط الترشيحي بالفحم المنشط لمنع الانسدادات في الراتنج بالمواد العالقة والترامك البيولوجي من المواد العضوية. مياه الغسيل العكسي من المرشح يلزم معالجتها لذلك.

- في نظام التنوير يلزم العناية الخاصة للتنسيق بين العملية الصناعية ونظام التبادل الأيوني نظراً لإرتباطهما الوثيق. سوف يكون من الضروري صرف المياه وإضافة مياه جديدة للتعويض.

الترسيب بالكبريتيد والكربونات Sulphide and Carbonate Precipitation

إن الحد من المعادن الثقيلة إلى التركيزات التى تطابق المعايير المقررة للصرف قد لا تتحقق بالترسيب كإيدروكسيد أو بمعنى آخر فإن تركيز المعدن عند أدنى إذابة لإيدروكسيد المعدن قد لا يكون منخفض بدرجة كافية. بعض المعادن فى نوعيات معينة من مياه الصرف قد ترسب كاملة ككبريتيد المعدن (Sulphides) أو ككربونات المعدن. هذه الأنواع من الترسيب تكون بكفاءة عالية فى حالة مياه الصرف المخففة ولذا فقد تستخدم كخطوة للتلميع (Polishing) بعد الترسيب بالإيدروكسيد. هذا بالإضافة إلى أن الكبريتيد والكربونات يمكن أن يكونا أكثر تأثيراً فى ترسيب المعادن فى المحاليل المركزة والمحتوية على عوامل تغليف (Chelating Agents) [عامل التغليف هو عبارة عن مادة كيميائية مثل الفوسفات أو السيليكات التى تمنع ترسيب المعادن التى تعمل هى على تغليفها وتقيدها]. هذا القيد أو الرباط مع عامل التغليف هو نوع من حالات الاتزان (Equilibrium)، حيث مع إزالة المعدن الموجود فى الحالة الأيونية المذابة فى المحلول بالترسيب، فإن عامل التغليف يتأين للمحافظة على هذا الإتزان. فى الترسيب بالكبريتيد وبالكربونات فإن أدنى نقطة إذابة أقل حساسية للرقم الهيدروجينى عن الترسيب بالإيدروكسيد.

يلزم تقييم تأثير ترسيب الكربونات أو الكبريتيد فى المعمل لمياه الصرف تحت الدراسة. وبعد ضبط الرقم الهيدروجينى المناسب لمياه الصرف يضاف الكبريتيد المذاب (كبريتيد الصوديوم Na_2S أو كبريتيد الحديدوز FeS أو كبريتيد عضوى) أو أيونات الكربونات (كربونات الصوديوم). يمكن تحديد الرقم الهيدروجينى المناسب وكمية الكيماويات باختبارات القنينة (Jar Tests). قد تكون إضافة البوليمر ضرورية لعملية الترسيب. يجب أن يتم الترسيب فى ظروف حيث تنمو حبيبات الراسب المستديرة بالحجم المناسب للترسيب أو للترشيح السريع. يتم بعد ذلك ترشيح المياه

الرائقة المنتجة بالنسبة للمعادن الثقيلة وتقارن بالنسبة لأفضل إزالة كلية. كما يجب عمل إختبارات الترسيب لتحديد حجم المروق. عادة فإن الرواسب يتم ترشيحها خلال الرمل أو خلال مرشح ورقى أو أى نوع من الترشيح. عند إستخدام كبريتيد الحديدوز FeS فإن الكروم السداسى التكافؤ يختزل إلى الثلاثى التكافؤ ويرسب كإيدروكسيد عند رقم هيدروجينى من ٨ إلى ٩ ولذلك فى مثل هذه الظروف المحتوية على الكروم السداسى فإنه لايلزم فصلها لعمل معالجة منفصلة.

توجد سلبيات لهذه العمليات، حيث الكيماويات المستخدمة أكثر تكلفة من الصودا الكاوية أو الجير. ورغم أن المعالجة بالكبريتيد قد تزيل بعض المعادن الثقيلة بدرجة مؤثرة عن الترسيب بالكربونات أو الأيدروكسيد فإن الكبريتيد نفسه ملوث سام والذى يلزم التخلص منه. معايير تركيز الكبريتيد فى المجارى المائية هو ١ ملجم/لتر. وفى حالة وجود حامض أو الالتصاق بحامض ينتج كبريتيد الهيدروجين وهو غاز سام له رائحة كريهة. ولهذا يمنع التخلص من حمأة الكبريتيد لهذا السبب ولذلك فإنه لا يوصى بالترسيب للكبريتيد. وإذا تطلب الأمر خطوة تالية للترسيب فإنه يلزم استخدام ترسيب الكربونات.

الإدمصاص: (Adsorption)

الإدمصاص هو التصاق المادة المذابة على سطح الأجسام الصلبة. وتوجد طرق إدمصاص متعددة لإزالة المعادن فى مراحل الدراسة والتطوير. وقليل منها ثبت نجاحه فى التطبيقات العملية لمعالجة مياه الصرف، وذلك رغم عمل كثير من الاختبارات العملية والتجارب النصف صناعية.

وتشمل التقنيات هذه الآتى بطريقة مختصرة:

الإدمصاص بالكربون المنشط: Activated Carbon Adsorbtion

رغم أن الكربون المنشط يستخدم لإزالة المواد العضوية من مياه الصرف إلا أن تطبيق استخدامه في إزالة المعادن الثقيلة حديث جداً، يتم التصاق مياه الصرف المحتوية على المعادن المذابة مع الكربون المنشط حتى يتم إستنفاد كل إمكانيات الكربون في الإدمصاص وعندئذ يتم إستبدال الكربون بكربون جديد أو كربون منشط.

الإدمصاص بالخبث: (Peat Adsorbtion)

الخبث هو نسيج نباتي شبه متفحم يتكون نتيجة تحلل النباتات تحللاً جزئياً في الماء ويستخدم في الإدمصاص في عمليات التلميع بعد الترسيب التقليدي بالأيروكسيد والإستقرار، وخفض الرقم الهيدروجيني إلى ٦-٨. المتبقى من المعادن المذابة يمكن أن يمتز على الخبث والذي يتم التخلص منه بالردم (Land Filled) حيثما كان ذلك مناسباً وذلك مع إستنفاد إمكانية الإدمصاص. حرق الخبث يمكن أن ينتج عنه تلوث للهواء. وقد أثبتت بعض التجارب أن هذه المعالجة أكثر تأثيراً في حالة المحاليل المحتوية على ١ ملجرام/لتر أو أقل من المعدن.

الترويق بالمادة الماصة المذابة (Solible Sorbent Clarification)

الترويق بالمادة الماصة المذابة عملية خاصة حيث تستخدم كيماويات معينة ماصة والتي تذوب عند رقم هيدروجيني منخفض ولا تذوب عند رقم هيدروجيني مرتفع. يزداد الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف المحتوية على المادة الماصة المذابة لترسيب الأيدروكسيد. وعند الرقم الهيدروجيني المرتفع فإن المعادن المذابة المتبقية تمتص على المادة الماصة الغير مذابة عندئذ، حيث يسبب ذلك ترسيبها مع الأيدروكسيدات. يمكن إستعادة المادة الماصة بإضافة الحامض إلى الحمأة

(Acidifying) بما يذيب المادة الماصة عند الرقم الهيدروجيني المنخفض. وقد تم عمل تجارب للعملية حققت إزالة للنحاس، النيكل، الزنك، الكاديوم إلى مستوى ٠,٠٢ إلى ٠,٠٥ ملجرام/لتر وللكروم ٠,١ ملجرام/لتر.

إكزانتثيت النشا الغير مذاب (Inolible Starch Xanthate)

هذه العملية مؤثره على مياه الصرف ذات تركيزات المعدن أقل من ١٠ ملجرام/لتر. يضاف إكزانتثيت النشا غير المذاب إلى مياه الصرف ويفضل عند رقم هيدروجيني ٧ حيث تستبدل أيونات الصوديوم الخاصة بها مع أيونات المعادن الثقيلة في المحلول. حبيبات معدن إكزانتثيت النشا يمكن إزالتها بعمل فصل المواد الصلبة العادية.

عمليات الأغشية: (Membrane Processes)

الترشيح الفائق (Ultra Filtration)

الترشيح الفائق هو أحد عمليات الفصل الغشائي. وهو أساسا عملية تركيز حيث يلزم لدفع السائل خلال الغشاء توفير قدر كبير من طاقة الضخ بما يعمل على حجز الجسيمات كبيرة الحجم (ذات الوزن الجزيئي من ١٠٠٠٠ إلى ٤٠٠٠٠ أو أكثر) وهذه الجسيمات كبيرة الحجم تظل مركزة في الجزء من السائل الذي لم يمر خلال الغشاء. وهذه العملية لها إستخدامات هامة في تدوير مياه الصرف المحتوية على المعادن وعلى منظفات أو بويات قلوية. والنتيجة النهائية هي تقليل تركيز المعدن في مياه الصرف المنصرف.

التناضح العكسي: (Reverse Osmosis)

التناضح العكسي هو كذلك عملية غشائية ولكنها تعمل على زيادة تركيز المواد المذابة في المحاليل المخففة. كلا من حجم الأيون وشحنته يؤثر على الجزء الذي

يمر خلال الغشاء، ولذا فإنه لا تتم عملية فصل نهائية عادة. أيون الهيدروجين الصغير ذو الشحنة الواحدة يمر بسرعة خلال الغشاء الأيونات المعدنية الكبيرة التى تحمل شحنة موجبة أعلا (مثل النيكل، الزنك، النحاس، الزرنيخ، الكاديوم) لا تمر خلال الغشاء بنفس الحرية التى تمر بها الأيونات ذات الشحنة الموجبة الأقل (مثل الصوديوم والبوتاسيوم). لدفع السائل خلال الغشاء من السائل الأقل تركيز إلى الأكثر تركيز فإن ذلك يتطلب طاقة ضخ كبيرة، حيث أن الضغط المطلوب يجب أن يزيد عن الضغط الأسموزى. هذا النظام لا يستخدم عادة فى حالات الصرف الكلى. وقد استخدم فى مجال ترسيب المعادن للتحكم فى النيكل فى صرف المياه المحملة بالنيكل من مياه صرف الطلاء المعدنى. رغم أن التناضح العكسى يقلل من كمية الصرف إلا أنه يجب أن يتوفر نظام التخلص الجزئى من المياه (Blowdown) من محلول المواد المذابة فى حالة الطلاء المعدنى والتى قد تتداخل وتؤثر على الأداء الجيد للترسيب المعدنى فى حوض الطلاء المعدنى (Plating Bath). ملحق (هـ).

الفصل الثامن

طرق المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعي

١- مبادئ الأكسدة البيولوجية:

تزال المواد العضوية من مياه الصرف في عملية المعالجة البيولوجية بواحدة أو أكثر من طرق الإزالة وهي الإدمصاص، الكسح الهواء، التحلل البيولوجي في حالة الإدمصاص حيث يحدث هذا الإدمصاص للمواد العضوية على المواد الصلبة العالقة والتي تزال ضمن الحمأة المرسبة. وفي حالة للكسح الهوائي فإن ذلك يحدث للمواد العضوية الكربونية المتطايرة (VOC) يتم كسحها بالهواء في عمليات المعالجة البيولوجية في المرشحات البيولوجية، بالمعالجة بالحمأة المنشطة، وكذلك في البرك المهواه. ولكن العامل الأكبر والأهم في إزالة المواد العضوية من مياه الصرف هو الأكسدة البيولوجية (أو التحلل البيولوجي).

التحلل البيولوجي للمواد العضوية (Biodegradation)

عند إزالة المادة العضوية من مياه الصرف بواسطة الكائنات الحية الدقيقة تحدث ظاهرتين أساسيتين وهما إستهلاك الأكسجين بواسطة الكائنات الحية الدقيقة لتوفير الطاقة وتكوين خلايا جديدة. الكائنات الدقيقة كذلك يحدث لها أكسدة ذاتية في الخلية. هذه التفاعلات يمكن توضيحها بالمعادلات التالية:

* الكائنات الدقيقة $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{a} = \text{K}^+\text{N} + \text{P} + \text{a}^-$ خلية جديدة + مواد صلبة مذابة لا تتحلل
(1) معادلة

* خلايا $\text{b}'\text{O}_2 \leftarrow \text{N} + \text{P} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ بقايا خلايا لا تتحلل بيولوجيا. (2) معادلة

من المهم بالنسبة للتصميم والتشغيل لمحطات معالجة مياه الصرف معرفة معدل هذه التفاعلات ومتطلبات الأكسجين ومواد الغذاء وكذلك كمية الحمأة المنتجة.

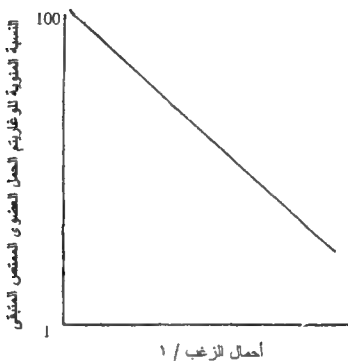
فى المعادلة (1) K هى معامل المعدل وهى دلالة للتحلل البيولوجى للمواد العضوية فى مياه الصرف. المعامل a^- هو الجزء من المواد العضوية المزال والذى تأكسد إلى منتج نهائى للطاقة والمعامل a هو الجزء من المواد العضوية المزالة لتخليق كتلة الخلايا، المعامل b هو الجزء فى اليوم من الكتلة البيولوجية المتحللة والمؤكسدة، المعامل b' هو الأكسجين المطلوب لهذه الأكسدة. جزء صغير من المواد العضوية المزالة فى المعادلة (1) يظل كمادة غير قابلة للتحلل البيولوجى حيث يظهر مع المياه المعالجة فى حالة TOC، COD وليس BOD وجزء من كتلة الخلايا المختلفة فى المعادلة (1) يظل كميتبقى ولا يتحلل بيولوجيا. لتصميم أو تشغيل وحدة معالجة بيولوجية، الهدف الأول هو لعمل الإتران بين المعادلة (1)، المعادلة (2) لمياه الصرف المطلوب معالجتها. حيث أن معظم الإزالة للمواد العضوية تتم بالأكسدة البيولوجية.

إزالة الحمل العضوى (BOD) من مياه الصرف بالأكسدة البيولوجية (الحمأة المنشطة) يحدث على مرحلتين - فى المرحلة الأولى تحدث إزالة عالية للمواد الهلامية العالقة والمواد العضوية المذابة القابلة للتحلل البيولوجى تليها إزالة بطيئة للمتبقي من المواد العضوية المذابة. الإزالة الأولية للحمل العضوى BOD تتم بوحدة أو أكثر من الأساليب الآتية:

▪ إزالة المواد العالقة الملتنقق بها زغبات بيولوجية وتتم بسرعة.

- إزالة المواد الهلامية بالإدمصاص على سطح الزغبات البيولوجية.
- الامتصاص البيولوجي للمواد العضوية المذابة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة.

ظاهرة الامتصاص البيولوجي تتعلق بحمل الزغبات في زمن التصاق ١٠-١٥ دقيقة. وهذه العلاقة بين حمل الزغب وإزالة المواد العضوية موضحة في الشكل (٨/١).



شكل (٨/١) علاقة الامتصاص البيولوجي للمخلفات المذابة القابلة للتحلل البيولوجي

هذه التفاعلات الثلاث تحدث في الحال عند التصاق الحمأة بمياه الصرف. المواد الهلامية والعالقة يحدث لها تحلل تالي إلى جزيئات صغيرة لتكون مناسبة للخلية في الأكسدة وكذلك في البناء لخلايا جديدة. الزمن اللازم لذلك للنظام المتأقلم يتعلق بخواص المواد العضوية وتركيز الحمأة المنشطة في حالة الخليط المعقد لمياه

الصرف حيث التركيز العالي للحمل العضوى القابل للتحلل البيولوجى (BOD)، فإن معدل تكون خلايا جديدة ليس له علاقة بالتركيز طالما كل العوامل متاحة، ونتيجة لذلك يحدث نمو للخلايا بصفة مستمرة وبأقصى معدل. مع استمرار التهوية ومع انخفاض تركيز الحمل العضوى (BOD) فإن المواد التى تزال بسرعة تستنفذ ومعدل النمو ينخفض.

٢- المعالجة البيولوجية الهوائية واللاهوائية:

أ- البحيرات الضحلة وأحواض التثبيت: (Lagoons and Stabilization Basin)

الطريقة المتبعة لمعالجة مياه الصرف العضوية هى باستخدام أحواض التثبيت وذلك فى حالة توفر الأرض. تنقسم أحواض التثبيت إلى قسمين وهما بحيرات الحجز والجمع (Impounding) والامتصاص، أحواض الرياح والتدفق (Flow Through). فى حالة بحيرات أو أحواض الحجز والامتصاص إما أن لا يكون هناك تدفق أو أن يكون الصرف عليها خلال فترات التدفقات العالية. الطاقة الحجمية للحوض تساوى كل تدفقات مياه الصرف ناقص الفقد بالبخار والتسرب. فى حالة وجود صرف متقطع، فإن الطاقة المطلوبة ترتبط بخواص التدفقات. نظراً لكبر المساحة المطلوبة فإن برك الحجز تستخدم فقط فى صرف الصناعات ذات الحجم اليومى القليل من المخلفات أو لصرف الصناعات الموسمية مثل صناعة حفظ وتعليب الأغذية.

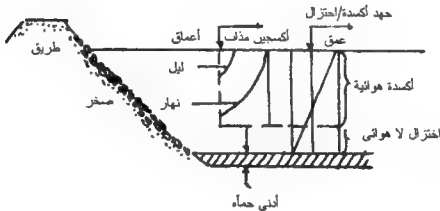
أما أحواض التدفق المستمر فيمكن أن تنقسم إلى ثلاثة أنواع، وذلك طبقاً لطبيعة النشاط البيولوجى.

- النوع رقم (١):

ب- البرك الاختيارية: (Facultative Ponds) شكل (٨/٢)

البرك الاختيارية تنقسم بالتحميل والطبقات الحرارية إلى سطح هوائى وقاع غير هوائى. طبقة السطح الهوائى يحدث لها تغير مستمر يوميا، حيث يزداد المحتوى من الأكسجين أثناء ساعات النهار بسبب التمثيل الضوئى للطحالب ثم ينخفض الأكسجين أثناء الليل.

الحمأة التى ترسب فى القاع يحدث لها تحلل لاهوائى، منتجة غاز الميثان وغازات أخرى. تظهر روائح كريهة فى حالة عدم استمرار الطبقة الهوائية تتراوح الأعماق من ٣ إلى ٦ قدم (٠,٩ إلى ١,٨ متر). حيث أن إنتاج الأكسجين بالتمثيل الضوئى يتوقف على إختراق الضوء فإن مياه الصرف الملونة مثل مياه صرف الصناعات النسيجية وصناعة الورق ولب الورق لايمكن معالجتها بهذه التقنية.



شكل (٨/٢) حوض تثبيت المخلفات بالطريقة الاختيارية Facultative

- النوع رقم (٢)

ج- البرك اللاهوائية: (Anaerobic Ponds)

البرك اللاهوائية يتم تحميلها إلى درجة وجود حالة لاهوائية خلال حجم السائل. العملية البيولوجية تشبه تلك التي تحدث في خزان الهضم اللاهوائي، حيث يتكون أولاً حامض عضوي يليه تخمر الميثان. يصمم عمق البرك اللاهوائية لتوفير أقل مساحة سطحية بالنسبة للحجم وبذا يتوفر أقصى محافظة على الحرارة.

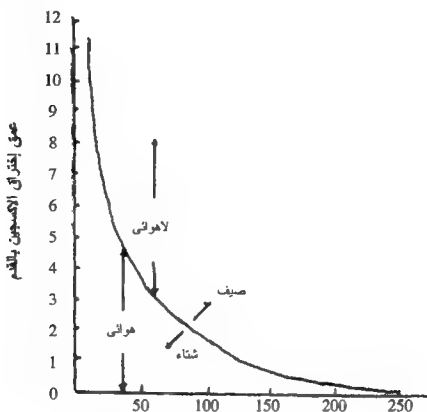
- النوع رقم (٣)

د- البحيرات الممهواة (Aerated Lagoons)

وهذا تتراوح مدة المكث فيها لمياه الصرف ما بين عدة أيام إلى أسبوعين وذلك طبقاً لدرجة الإزالة للحمل العضوي (BOD) المطلوبة. يتم توفير الأكسجين بنظم التهوية الميكانيكية أو ببثق الهواء (Diffused)، والذي يوفر كذلك الخلط الجيد بينما يوفر كمية كبيرة من التهوية السطحية. يتراوح العمق ما بين ٦ إلى ١٥ قدم (١,٨ إلى ٤,٦ متر).

هـ- استخدام بحيرات (برك) التدفق المستمر: (Lagoons)

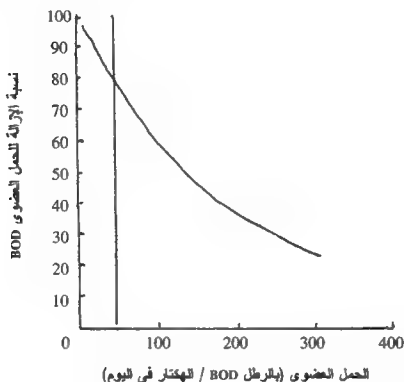
في بعض التطبيقات الصناعية استخدمت البرك الممهواة بعد البرك اللاهوائية لتوفير درجة عالية من المعالجة. كما استخدمت أحواض التثبيت لتلميع المياه المعالجة بنظم المعالجة البيولوجية التقليدية مثل المرشحات الزلطية والحماة المنشطة. عمق إختراق الأكسجين في البرك الاختيارية قدر بدلالة التحميل السطحي كما في الشكل (٨/٣).



شكل (٨/٣) عمق إختراق الأكسجين في الحوض الاختياري

في حالة زيادة العكارة وشدة اللون لمياه الصرف كما في حالة مياه صرف صناعة الورق ولب الورق، فإن إختراق الضوء سيكون عند أدناه، وأن الحصول على الأكسجين سيكون من التهوية السطحية أساساً، وأن كفاءة أحواض التثبيت في هذه الحالة كما هو موضح في الشكل (٨/٤). بعض الاعتبارات التصميمية هامة للأداء الجيد لحوض التثبيت. حيث تكون الجسور (السدود) من مادة مانعة لنفاذ المياه بميل أقصاه ٣ إلى ٤ : ١ وأدناه ٦ : ١. أدنى عمق للمياه (Free board) تتم المحافظة عليه في البحيرة هو ٣ قدم (٠,٩١ متر). يجب عمل إجراءات حماية الأجانب من التدمير والتلف. يعتبر أداء الرياح هام لتوفير الخلط في البحيرة حيث يتطلب تجهيزه لجذب الرياح في البحيرة ذات ٦٥٠ قدم (١٩٨ متر) وعمق ٣ قدم (٠,٩١ متر). تم معالجة مياه الصرف من صناعة وتعبئة اللحوم في أحواض

هوائية ضحلة بعمق (٠,٦٦ متر) وبأحمال عضوية ١٧٥ ملجرام/لتر بعد الترسيب، وكان الخفض بنسبة ٩٦% فى الصيف، ٧٠% فى الشتاء، حيث معدل التحميل ٠,٠٢٤ كجرام BOD / المتر المربع فى اليوم. لزيادة كفاءة عمليات البحيرات فإنه يجب إضافة الفوسفور والنيتروجين لمياه الصرف الخالية من هذه المركبات.



شكل (٨/٤) كفاءة حوض التثبيت فى صناعة الورق ولب الورق

الأحواض (البحيرات أو البرك) التى تعالج مخلفات فى الظروف الهوائية ولم يتم صيانتها من آن إلى آخر فإنها تنتج روائح منفرة وتوفر مجال لتكاثر الحشرات. يمكن التخلص من مشكلة الرائحة بإضافة نترات الصوديوم بجرعة تعادل ٢٠% من الأكسجين الحيوى المستهلك. يمكن الرش السطحي لخفض مضايقات الحشرات والهوام وفى بعض الحالات الرائحة يمكن زيادة الكفاءة باستخدام أحواض لاهوائية تليها الأحواض الهوائية.

الحوض اللاهوائي بـ زمن مكث ٦ يوم وعمق ٤.٣ متر وتحميل ٠,٢٢٤ كجرام/المتر المربع في اليوم يليه حوض هوائي بعمق ٠,٩ متر مع زمن مكث ١٩ يوم وتحميل ٠,٠٠٥٦ كجرام/المتر المربع في اليوم حقق خفض كلى فى الأحمال العضوية (BOD) من ١١٠٠ ملجرام/لتر إلى ٦٧ ملجرام/لتر.

بيانات الكفاءة للأحواض الميهواه، الإختيارية، اللاهوائية موضحة بالنسبة لصرف مختلف الصناعات.

ملخص لمتوسط البيانات للأحواض الميهواه والاختيارية

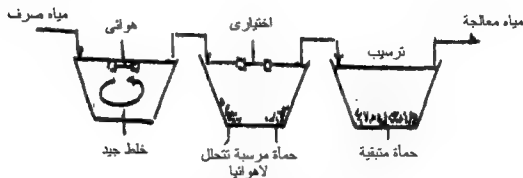
الصناعة	المساحة بالهكتار	العمق بالقدم	التحميل رطل/هكتار يوم	نسبة إزالة الحمل العضوى	زمن المكث
اللحوم والدواجن	١,٤	٣	٧٢	٧٢	٧ يوم
حفظ الأغذية	٦,٩	٥,٨	١٣٩	٩٨	٣٧,٥
الصناعات الكيماوية	٣١	٥	١٥٧	٨٧	١٠
الورقية	٨٤	٥	١٠٥	٨٠	٣٠
البترولية	١٥٠,٥	٥	٢٨	٧٦	٢٥
المخبوزات	٧,٥	٥	٢٢	٩٥	٩٨
المنسوجات	٣,١	٤	١٦٥	٤٥	١٤
المغاسل	٠,٢	٣	٥٢		٩٤
ملخص لمتوسط البيانات للأحواض اللاهوائية					
حفظ الأغذية	٢,٥	٦	٣٩٢	٥١	١٥
اللحوم والدواجن	١	٧,٣	١٢٦	٨٠	١٦
الكيماوية	٠,١٤	٣,٥	٥٤	٨٩	٦٥
المنسوجات	٢,٢	٥,٨	١٤٣٣	٤٤	٣,٥
الورقية	٧	٦	٣٤٧	٥٠	١٨,٤
السكر	٣٥	٧	٢٤٠	٦١	٥٠
الجلود	٢,٦	٤,٢	٣٠٠٠	٦٨	٦,٢

الصناعة	المساحة بالهكتار	العق بالقدم	التحميل رطل/هكتار يوم	نسبة إزالة الحمل العضوى	زمن المكث
ملخص لمتوسط البيانات لأحواض الهوائية واللاهوائية					
حفظ الأغذية	٥.٥	٥	٦١٧	٩١	٢٢
اللحوم والدواجن	٠,٨	٤	٢٦٧	٩٤	٤٣
الورق	٢٥٢٠	٥,٥	٢٨	٩٤	١٣٦
الجلود	٤,٦	٤	٥٠	٩٢	١٥٢
صناعات أخرى	١٤٠	٤,١	١٢٨		٦٦

٣- الأحواض المهواة: (Aerated Lagoons)

الأحواض المهواة هي أحواض بعمق ٢,٤ إلى ٤,٩ متر حيث يتم توفير الأكسجين بالتهوية الميكانيكية أو بالنبث من خلال التهوية السطحية. يوجد نوعين من الأحواض المهواة:

- حوض التهوية حيث يكون الأكسجين المذاب والمواد الصلبة العالقة متجانسة خلال الحوض.
- الحوض الهوائى - اللاهوائى أو الاختيارى حيث يتوفر الأكسجين فى طبقة السطح العلوى للسائل فى الحوض، مع وجود جزء صغير من المواد الصلبة عالق. الأحواض المهواة كما فى الشكل (٨/٥). فى حوض التهوية تظل كل المواد الصلبة عالقة حيث يشبه حوض التهوية بالتدفق المستمر للحمأة المنشطة بدون تدوير المواد الصلبة. ولذلك فإن المياه المنتجة تحتوى على تركيزات المواد الصلبة العالقة تساوى تلك الموجودة فى حوض التهوية.



شكل (٨/٥) أنواع أحواض التهوية

في الحوض الاختياري، جزء من المواد الصلبة العالقة يرسب إلى القاع حيث يحدث له تحلل لاهوائي. المنتجات اللاهوائية يتم أكسبتها في الطبقات العليا الهوائية للسائل في الحوض. يمكن تحسين الحوض الاختياري لإنتاج مياه رائقة جدا بتوفير حوض ترسب نهائي أو حجرة ترسيب مجهزة بالعوائق. الأحواض المهواة والاختياري (المختلط) تختلف في الطاقة المستخدمة في الحوض. ففي الأحواض المهواة، يكون مستوى الطاقة عالي ليتمكن من استمرار المواد الصلبة عالقة ويمكن أن يتراوح ما بين ١٤ إلى ٢٠ حصان لكل مليون جالون (٢,٨ إلى ٣,٩ وات/المتر المكعب) من حجم الحوض، أظهرت الدراسات الحقلية أن ١٤ حصان لكل مليون جالون (٢,٨ وات للمتر المكعب) كان كافيا للمحافظة على استمرار المواد الصلبة عالقة في تدفقات مياه الصرف صناعة الورق، بينما يكون المطلوب ٢٠ حصان لكل مليون جالون (٣,٩ وات للمتر المكعب) في حالة معالجة مياه الصرف الصحي.

في حالة الأحواض الإختيارية يكون مستوى الطاقة المطلوب بما يكفي فقط لانتشار وخط الأكسجين المذاب. لقد أظهرت الخبرة في صناعة الورق ولب الورق أن أدنى مستوى للطاقة باستخدام أجهزة تهوية ميكانيكية سطحية هو ٤ حصان لكل مليون جالون (٠,٧٩ وات لكل متر مكعب). استخدام أنواع أخرى من معدات التهوية قد يتطلب مستويات مختلفة من الطاقة للمحافظة على تجانس الأكسجين المذاب في الحوض.

أثر الحرارة فى الأحواض المهواة

كفاءة حوض التهوية تتأثر إلى حد كبير بالتغيرات فى درجة الحرارة ولذلك فإن درجة حرارة الحوض تتأثر بدرجة حرارة مياه الصرف الداخلة ودرجة حرارة الجو المحيط. رغم أن الحرارة تفقد بالبخار، والإشعاعات إلا أنها تكتسب بأشعاعات الشمس. المعادلة الآتية تستخدم عادة لتوفير التقدير المناسب لأغراض التصميم الهندسى.

$$\text{حيث:} \quad \frac{t}{D} = \frac{T_i - T_w}{F (T_w - T_o)}$$

t = زمن المكث فى الحوض باليوم.

D = عمق الحوض بالقدم.

T_i = درجة حرارة المياه الداخلة فهرنهايت.

T_a = متوسط درجة حرارة الهواء فهرنهايت، عادة تكون متوسط درجة الحرارة الأسبوعية.

T_w = درجة حرارة الحوض فهرنهايت.

نظم الأحواض المهواة: Aerated Lagoon System

فى ظروف الاستخدام المناسبة تستخدم عدة أحواض مهواة، على التوالى. عند الأخذ فى الاعتبار الميزان الحرارى يمكن استخدام حوضين على التوالى. فى الحوض الأول يكون الحجم أقل ما يمكن للمحافظة على درجة الحرارة العالية، المستوى العالى من المواد البيولوجية الصلبة، بما ينتج عنه معدل عالى لتفاعل الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) فى حوض التحلل الهوائى (Aerobic Lagoon). الحوض الثانى هو حوض إختيارى (Facultative) حيث طاقة الخلط منخفضة والتي

تسمح بترسيب المواد الصلبة وتحللها فى قاع الحوض. عند الرغبة فى خفض المواد الصلبة العالقة يستخدم حوض ترسيب نهائى والذي يلزم أن يتوفر فيه الآتى:

- زمن المكث الكافى لترسيب المواد الصلبة العالقة.

- الحجم المناسب لاحتواء الحمأة.

- أدنى نمو للطحالب.

- أدنى رائحة كريهة من الأنشطة اللاهوائية.

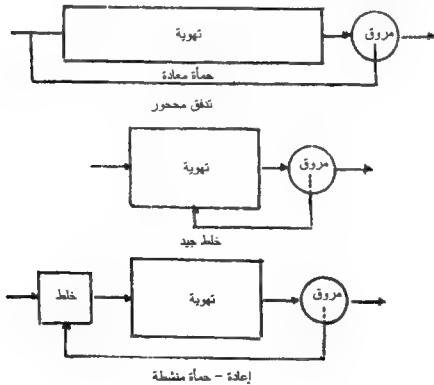
ولكن هذه الأهداف التصميمية يصعب تحقيقها دائما. أحيانا يكون المناسب هو زمن المكث القصير للحد من نمو الطحالب والذي يعد قصيرا بالنسبة للترسيب. كذلك فإن الحجم المناسب يجب أن يوفر الاستمرار فوق رواسب الحمأة فى كل الأوقات لمنع هروب الغازات الكريهة الناتجة عن التحلل. ولتحقيق هذه الأغراض، فإن يوم واحد من زمن المكث كافى لترسيب معظم المواد الصلبة العالقة القابلة للترسيب. عند وجود مشاكل بالنسبة لنمو الطحالب فإنه يوصى أن يكون أقصى زمن مكث ٣-٤ يوم. لمنع صعود الروائح المنفرة فإنه يجب المحافظة على أدنى منسوب للمياه فوق طبقة الحمأة بـ ٣ قدم (٠,٩ متر) فى جميع الأوقات.

٤- عمليات الحمأة المنشطة: (Activated Sludge Process)

تعريف بالحمأة المنشطة: (Activated Sludge)

الحمأة المنشطة عبارة عن مواد عالقة (Suspension) من الكائنات الحية الدقيقة النشطة والميتة فى مياه الصرف المحتوية على مواد عضوية وغير عضوية المحتجزة والهلامية العالقة. عملية الحمأة المنشطة هى عملية هوائية (Aerobic)، بيولوجية حيث تستخدم تفاعلات بناء وتآكل الخلايا الحية (Metabolism) للكائنات الحية الدقيقة لتوفير نوعية مياه معالجة مناسبة بإزالة المواد المستهلكة للأكسجين.

طريقة المعالجة هذه تعتبر عملية معالجة ثنائية والتي تلى أحواض الترسيب الأولى. ولكن طبقا لنوع مياه الصرف فإن أحواض الترسيب الأولى يمكن عدم استخدامها في عملية الحمأة المنشطة شكل (٨/٥) تدخل مياه الصرف حوض المفاعل حيث تضاف حبيبات الزغب البكتيرية السابق تكوينها وتلتصق مع المكونات العضوية لمياه الصرف. المادة العضوية تعمل كمصدر للكربون وللطاقة لنمو البكتيريا وتتحول إلى نسيج خلية بكتيرية وتواتج أكسدة نهائية (أساسا ثانى أكسيد الكربون). محتويات حوض المفاعل تسمى المواد الصلبة العالقة للسائل المخلوط (MLSS - Mixed Liquor Suspended Solids) وقد تسمى المواد الصلبة العالقة المتطايرة للسائل المخلوط (MLVSS - Mixed Liquor Volatile Suspended Solids). وتتكون معظمها من الكائنات الحية الدقيقة ومواد عالقة خاملة وغير قابلة للتحلل البيولوجي (Non. Biodegradable).



شكل (٨/٥) أنواع عمليات الحمأة المنشطة المعادة

تتكون الكائنات الحية الدقيقة عموماً من ٧٠-٩٠% من مواد عضوية، من ١٠-٣٠% مواد غير عضوية. تركيب الخلايا يختلف طبقاً للمكونات الكيميائية لمياه الصرف، بالإضافة إلى الخصائص المحددة للكائنات الدقيقة في الكتلة البيولوجية. مكونات الجزء العضوي من الخلايا للحمأة المنشطة إنفق على تمثيله بالمعادلة $(C_5 H_7 O_2 N P_{0.2})$ الجزء الغير عضوي من نسيج الخلية وجد أنه كالآتي:

٥% فوسفور مقيم $P_2 O_5$

٦% كالسيوم مقيم $K_2 O$

١١% نيتروجين مقيم $N_2 O$

٨% مغنيسيوم مقيم $Mg O$

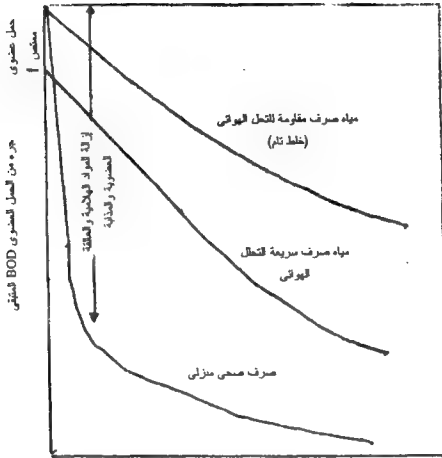
٩% كالسيوم مقيم $Ca O$

١٥% كبريت مقيم $S O_3$

١% حديد مقيم $Fe_2 O_3$

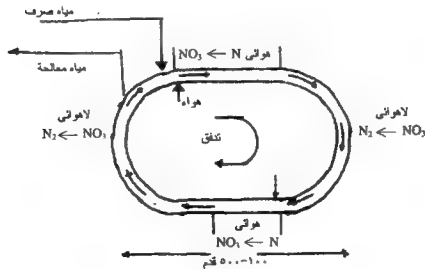
عند صرف مياه الصرف (MLSS) من حوض التفاعل يتم فصل السائل المخلوط المحمل بالمواد الصلبة العالقة باستخدام أحواض الترسيب بالجاذبية.

الغرض من عملية الحمأة المنشطة هو لإزالة المواد العضوية المذابة وغير المذابة من تدفقات مياه الصرف وتحويل هذه المواد إلى زغبات بكتيرية عالقة سريعة الترسيب حيث يتم فصلها بعملية الفصل بالجاذبية العادية. توجد أشكال مختلفة لنظم المعالجة بالحمأة المنشطة، ولكن المخطط العادي لمعالجة مياه الصرف هو الموضع في الشكل (٨/٦). الشكل (٨/٧) يوضح أنواع التفاعل التي سوف تحدث وبالتالي عمليات المعالجة.



الوقت - المواد المتغيرة العالقة في السائل المخلوط (MLVSS)

شكل (٨/٧) حفرة الأكسدة بالنترجة وإزالة النتريجة



شكل (٨/٧) حفرة الأكسدة بالنترجة وإزالة النتريجة

الحمأة المنشطة بالتدفق المضغوط: (Plug Flow Activated Sludge)

في عملية الحمأة المنشط بالتدفق المضغوط تستخدم أحواض طويلة وضيقة لتوفير نظام الخلط والذي يقترب من التدفق المضغوط. يتم خلط مياه الصرف مع الكائنات البيولوجية في ظروف هوائية. عندئذ يتم فصل الحمأة البيولوجية في تدفقات السائل في المروق الثنائي. جزء من الحمأة البيولوجية يتم التخلص منه والباقي يعود إلى مدخل حوض التهوية مع مياه الصرف الداخلة. معدل وتركيز الحمأة المنشطة المعادة إلى حوض التهوية هو الذي يحدد تركيز المواد العالقة في السائل المخلوط (Mixed Liquor Suspended Solid Concentration) (MLSS). نظام التدفق المضغوط أو المحجوز يساعد على نمو وتكاثر تكون الزغبات من الحمأة القابلة للترسيب الجيد. في حالة وجود مواد سامة أو مواد عضوية مثبطة في مياه الصرف فإنه يجب إزالتها أو تسويتها قبل الدخول إلى حوض التهوية. معدل استخدام الأكسجين مرتفع في بداية حوض التهوية وينخفض مع زمن التهوية. عند الوصول إلى تمام المعالجة، فإن معدل استخدام الأكسجين يقترب من مستوى النمو الباطني (Endogenous) في اتجاه نهاية حوض التهوية. تطوير الطريقة التي بها يلتصق كلا من مياه الصرف والحمأة المعادة في نظام التدفق المسدود له فوائد كثيرة. توفير منطقة منفصلة في المدخل ذات حجم يساوي حوالي ١٥% من حجم حوض التهوية الكلي، جنباً إلى جنب مع تقلب ميكانيكي سطحي بطاقة منخفضة يمكن أن يوفر ظروف الحد من نقص الأكسجين بما يحقق توفير الأكسجين الحيوي من الحمأة المعادة والنترات التي يتم تغذيتها إلى الحوض. في حالة حدوث النترجة (Nitrification)، فإن إعادة السائل المخلوط المحتوي على النترات من نهاية حوض التهوية يمكن أن يحقق إزالة جيدة للنترجة.

الحمأة المنشطة تامة الخلط: (Complete Mixed Activated Sludge)

لتحقيق الخلط التام فى حوض التهوية فإن ذلك يتطلب الاختيار السليم للشكل الهندسى للحوض، ولنظام التغذية، ومعدات التهوية. خلال استخدام الخلط التام باستخدام البثق الهوائى أو التهوية الميكانيكية، فإنه يمكن توفير ثبات الأكسجين الحيوى المطلوب وكذلك تجانس التركيز للمواد الصلبة فى السائل المخلوط خلال حجم الحوض. الصدمات الهيدروليكية والعضوية العابرة تقل فى هذه النظم، بما يوفر طريقة مقاومة للتلف بفعل صدمات التحميل. يتم دخول كلا من مياه الصرف والحمأة المعادة إلى حوض التهوية فى نقط مختلفة. يلاحظ أن مياه الصرف ذات التحلل العضوى السريع مثل مياه صرف الصناعات الغذائية تميل إلى الإنتفاخ وتكون عسوية فى نظام الخلط التام.

يمكن خفض هذه الحالة بإضافة منطقة التصاق مسبقة لتوفير مستوى عالى من الخليط إلى السائل المخلوط المعاد. منطقة الالتصاق المسبق يجب أن يتوفر فيها زمن مكث حوالى ١٥ دقيقة لتعظيم الامتصاص البيولوجى. بالمقارنة فإن مياه الصرف ذات الكيماويات المعقدة لاتساعد على نمو البكتريا العضوية حيث تتم عمليات الخلط التام بكفاءة. مياه الصرف ذات الرقم الهيدروجينى القلوى تعالج جيدا نظرا لأن ثانى أكسيد الكربون المنتج يعادل القلوية. كذلك فإن مياه الصرف ذات الرقم الهيدروجينى المنخفض والمحتوية على أحماض عضوية يمكن معالجتها بدون إضافة كيماويات تعادل خارجية.

التهوية الممتدة: (Extended Aeration)

فى هذه العملية ينخفض الفقد فى الحمأة. وينتج عن ذلك معدلات نمو بطيئة، إنتاج منخفض من الحمأة، إحتياجات عالية نسبيا من الأكسجين مقارنة بعمليات الحمأة المنشطة التقليدية. المياه المعالجة تكون ذات نوعية عالية مع إنتاج قليل من الحمأة. التهوية الممتدة هى تدفق محجوز أو خلط كامل وهو صفة تفاعل وليس

صفة هيدروليكية. القواعد التصميمية تشمل النسبة ما بين الغذاء (المواد العضوية) إلى الكائنات الدقيقة (F / M) لتكون من ٠,٠٥ إلى ٠,١٥، عمر الحمأة ١٥ إلى ٣٥ يوم، تركيز المواد العالقة في السائل المخلوط ٣٠٠٠ - ٥٠٠٠ ملجرام/لتر. عملية التهوية الممتدة حساسة للزيادة المفاجئة في التدفق بسبب الزيادة المفاجئة في أحمال السائل المخلوط بالمواد الصلبة العالقة (MLSS) على المروق النهائى، ولكن غير حساسة نسبيا لصدمات التحميل في التركيز بسبب تأثير الدري للحجم الكبير للكتلة البيولوجية (Biomass). يمكن أن تتم التهوية الممتدة في عدد من الأشكال منها الشكل الدائرى أو الحلقي. في هذه الطريقة تستمر التهوية للخليط مدة تتراوح من ٣-٦ ساعات كما يمكن الاستغناء في هذه الطريقة عن حوض الترسيب الابتدائى.

نظام حفرة الأكسدة: (Oxidation Ditch Systems)

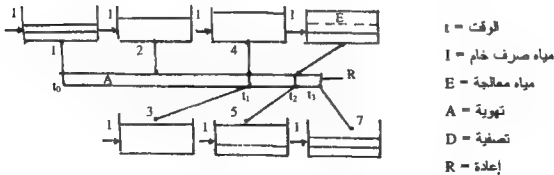
يستخدم حالياً عدد من المفاعلات الحلقية أو نظام الحفر. في نظام الحفر يكون من الضروري مطابقة الشكل الهندسى للحوض مع أداء معدة التهوية لتوفير سرعة مناسبة في القناة لنقل السائل المخلوط بالمواد الصلبة. العامل الهام فى التصميم يرتبط بنوع التهوية التى يتم توفيرها. الطبيعى فى التصميم لسرعة وسط القناة تكون ٠,٣ متر فى الثانية وذلك لمنع ترسيب المواد الصلبة. يستخدم نظام الحفرة عمليا فى حالات الرغبة من التخلص من كل من الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) وكذلك إزالة النيتروجين. كل من التفاعلين يمكن تحقيقه فى نفس الحوض وذلك بتغير المناطق الهوائية واللاهوائية كما هو موضح فى الشكل (٨/٧).

نظام التهوية المتقطع ونقل السائل من حوض إلى آخر:

Intermittently Aerated and Decanted System

فى هذا النظام يستخدم وعاء واحد لاحتواء كل العمليات التى تتم فى عمليات المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية أى الترسيب الأولى، الأكسدة البيولوجية الترسيب الثانى، هضم وتحلل الحمأة، هذا بالإضافة إلى النترجة وإمكانية إزالة النيتروجين

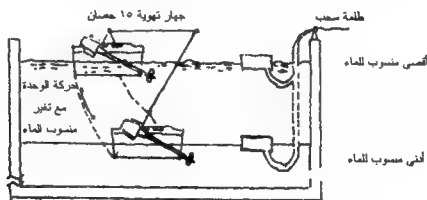
بدرجة جيدة. عند استخدام الإناء الواحد فإن هذه العمليات يتم ضبط توقيتاتها المتتالية ببساطة. الشكل (٨/٨) يوضح تسلسل العمل لنظام الحمأة المنشطة بالتهوية المتقطعة ونقل السائل من حوض إلى آخر. كل مرحلة $(t_0 - t_1, t_1 - t_2, t_2 - t_3)$ من الدورة $(t_0 - t_5)$ يتم تشغيلها بجهاز تحكم ميكاني. تبدأ دورة المعالجة بعد نهاية النقل للسائل من الدورة السابقة. تبدأ التهوية عند التوقيت (t_0) ويستمر حتى التوقيت (t_1) ، حيث في هذا الوقت تزيد مياه الصرف الداخلة من حجم السائل المخلوط للتهوية. عند التوقيت (t_1) تتوقف التهوية ثم يليها مرحلة لاهوائية حيث يحدث ترسيبات من السائل المخلوط وبذلك تحدث عملية لاهوائية. بعد مرحلة الترسيب اللاهوائية $(t_1 - t_2)$ يتم صرف السائل المعالج أثناء الفترة $(t_2 - t_3)$ ، مع تمام (t_3) يتم تكرار نفس الأداء. مراحل العمل يتم تطويرها لتوفير الأداء الجيد لعوامل محددة في العملية الرئيسية. فمثلا، دورة إزالة النيتروجين تتطلب تهوية كافية لتوفيرها لكل المواد الكربونية والأكسدة النيتروجينية في خلال الفترة الزمنية $(t_0 - t_1)$ ، وكذلك الفترة $(t_1 - t_2)$ يجب أن تكون مناسبة لاختزال النترات. الظاهرة الهامة لهذه المحطات هو قدرتها على قبول حالات تدفق عالي لمدة طويلة بدون الفقد في السائل المخلوط بالمواد الصلبة. الطاقة الهيدروليكية للنظم التقليدية المستمرة تحددها بطاقة الأداء لوحدة الترسيب الثنائية.



شكل (٨/٨) مخطط يوضح تسلسل التدفق المستمر للحمأة المنشطة المعادة

تجهيزه نقل المياه (Decanting Device) لهذه النظم توضع عند نهاية الحوض فى إتجاه معاكس للدخول. الهدار المتحرك يوضع خارج السائل المخلوط أثناء التهوية والترسيب. أثناء مراحل نقل السائل، يعمل مكبس هيدروليكي والذي يدفع حوض الهدار إلى طبقة السطح للحوض خلال القاع التصميمي لمنسوب المياه. يهذه الطريقة يتم كشط الطبقة السطحية للمياه المعالجة باستمرار أثناء مرحلة التفريغ ونقل المياه من الحوض حيث تصرف خارجة بالجاذبية خلال نظام التحميل لجهاز النقل والتفريغ (Decanter).

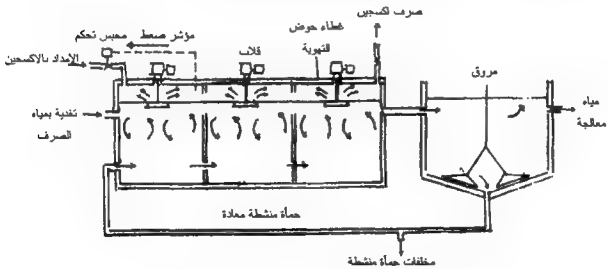
يمكن تصميم المحطات بمتوسط نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة F/M من ٠,٥ إلى ٠,٢ كجرام أكسجين حيوى (BOD) لكل كيلوجرام من السائل المخلوط بالمواد الصلبة (MLSS) فى اليوم. طبقا لنوع السائل المعالج عند قاع منسوب المياه تركيز المواد الصلبة العالقة حتى ٥٠٠٠ ملجم/لتر. الحماة المنشطة على دفعات (Batch) تشبه للنظام المتقطع عدا أنها تستخدم عادة لمياه الصرف الصناعي عالية التركيز. تضاف مياه الصرف خلال فترة زمنية قصيرة لتوفير أقصى إمتصاص بيولوجي (Biosorbption) ونمو لزغابات الحماة. تستمر التهوية عندئذ حتى ٢٠ ساعة. يتم ترسيب السائل المخلوط عندئذ ونقل المياه المعالجة. نموذج لنظام الحماة المنشطة بالدفعات الواحدة موضح فى الشكل (٨/٩).



شكل (٨/٩) نظام الحماة المنشطة بالدفعات (Batch)

الحماة المنشطة بالأكسجين: (Oxygen Activated Sludge)

نظام الأكسجين عالى النقاء عبارة عن مبادلات جيدة الخلط على التوالى مستخدمه لتصاق مستمر للغاز مع السائل فى حوض تهوية مغطى، كما هو موضع فى الشكل (٨/١٠). إستخدمت هذه الطريقة فى معالجة مياه الصرف من صناعة الورق ولب الورق ومن الصناعات الكيماوية العضوية. يتم التغذية فى المرحلة الأولى بمياه الصرف المطلوب معالجتها والحماة المعادة وغاز الأكسجين. التصاق الغاز مع السائل يمكن أن يستخدم أجهزة تهوية تريبينية مغمورة أو أجهزة تهوية سطحية. يتم التغذية بغاز الأكسجين طبقا للضغط المطلوب مع إستمرار عمل الوحدة، كمقياس للتنفيس، يستخدم خط العادم من المرحلة الأخيرة لصرف الغاز عديم الرائحة إلى الجو. عادة يعمل النظام بطريقة إقتصادية عندما يكون غاز العادم يحتوى على حوالى ٥٠% أكسجين. طبقا لإعتبارات إقتصادية فإن حوالى ٩٠% من الأكسجين المستخدم يكون إنتاجه فى الموقع. يمكن إنتاج الأكسجين بالطريقة التقليدية بالتبريد لفصله من الهواء وذلك للمحطات الكبيرة (٢,٨ × ١٠ متر مكعب فى اليوم) أو بالإدمصاص المتأرجح بالضغط للمحطات الأصغر.



شكل (٨/١٠) مخطط لنظام الأكسجين بالثلاث مراحل

الطاقة المطلوبة لمعدة التهوية السطحية أو التريينية تتراوح ما بين ٠,٠٨ إلى ٠,١٤ حصان لكل ١٠٠٠ جالون (٠,٠٢٨ كيلوات / المتر المكعب). في حالات الأحمال القصوى يصمم نظام الأكسجين للمحافظة على استمرار الأكسجين المذاب في السائل المخلوط بنسبة ٦ ملجرام/ لتر. حيث أن التركيز العالي للأكسجين المذاب مستمر في السائل المخلوط، فإن المحطة يمكن أن تعمل عند مستويات عالية لنسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة (F/M) (٠,٦ إلى ١) بدون حدوث مشاكل إنتفاخ عضوى. المحافظة على المزغبات الهوائية ذات سرعة ترسيب عالية يسمح كذلك بتركيزات عالية للسائل المخلوط بالمواد الصلبة العالقة (MLSS) في حوض التهوية مستويات المواد الصلبة تتراوح عادة من ٤٠٠٠ إلى ٩٠٠٠ ملجرام/لتر حسب الحمل العضوى لمياه الصرف (BOD).

٥- معالجة مياه الصرف الصناعي في محطات المعالجة بالحماة المنشطة لمياه الصرف الصحي:

- مياه الصرف الصحي يكون معظم محتواها من المواد العضوية فى الشكل العالق أو الهلامى. عادة يكون الحمل العضوى (BOD) ٥٠% عالق، ١٠% هلامى، ٤٠% مذاب. بالمقارنة فإن معظم مياه الصرف الصناعى يكون محتواها من المواد العضوية فى الشكل المذاب بنسبة ١٠٠%. فى محطة الحماة المنشطة التى تعالج مياه الصرف الصحي، المواد العضوية العالقة تلتصق بسرعة فى الزغبات، وتمتز المواد الهلامية على الزغبات، كما أن جزء من المواد العضوية المذابة يتم إمتصاصها. هذه التفاعلات تحدث فى الدقائق القليلة الأولى لالتصاق التهوية. بالمقارنة بالنسبة لمياه الصرف سريعة التحلل البيولوجى مثل مياه صرف الصناعات الغذائية، فإن جزء من الحمل العضوى يتمز بسرعة والباقى يزال بدلالة الوقت والتركيز البيولوجى للمواد الصلبة. يحدث إمتزاز قليل جدا فى مياه الصرف التى تقاوم التحلل البيولوجى.

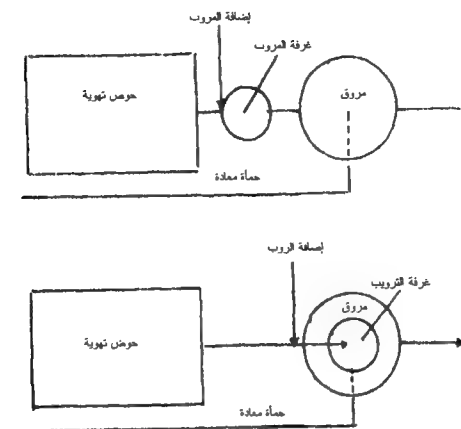
هذه الظاهرة موضحة في الشكل (٨/٧) كما يجب ملاحظة أن مياه الصرف الصناعي ذات المحتوى من المواد العضوية المنيعة (المقاومة للتحلل البيولوجي) يجب عمل معالجة مسبقة لها. كما أن مياه الصرف الصناعي ذات محتوى منخفض من مواد الغذاء (الفوسفور والنيتروجين) إلا أن مياه الصرف الصحي ذات المحتوى الزائد من هذه المواد سوف توفر الميزان الغذائي المطلوب.

- في معالجة مياه الصرف الصحي، من المتوقع أن تنتج عملية الحمأة المنشطة مياه معالجة ذات محتوى من المواد الصلبة العالقة أقل من ٢٠ ملجرام/لتر ولكن في حالة مياه الصرف الصناعي تزداد نسبة المواد الصلبة العالقة ذات الطبيعة المشتتة في المياه بعد المعالجة نتيجة أحد الأسباب الآتية:

- المحتوى العالي من المواد الصلبة المذابة (الأملاح) يمكن أن يسبب زيادة في المواد الصلبة غير القابلة للترسيب والمشتتة، كما تزداد كثافة السائل بما يقلل من معدل ترسيب الحمأة.

- المواد الصلبة العالقة المشتتة تزداد مع زيادة درجة حرارة حوض التهوية. يمكن خفض كمية المواد الصلبة العالقة في المياه المعالجة بإضافة مروب قبل الترويق النهائي، حيث يلزم توفر الوقت الكافي لحدوث الترغيب والترويب. يمكن تحقيق ذلك بوجود غرفة ترغيب ما بين حوض التهوية والمروق أو بغرفة ترغيب. خلال المروق كما هو موضح في الشكل (٨/١١).

- يمكن استخدام البلمرات الكاتايونية أو أملاح الحديد أو الألومنيوم كمادة ترويب. عند استخدام البوليمر الكاتايوني يجب عدم زيادة الجرعة حيث أن ذلك يسبب تغير في الشحنة وإعادة التشتت للمواد الصلبة.



شكل (٨/١١) إضافة المروب لإزالة المواد الصلبة العالقة

٢- المرشحات البيولوجية: (Trickling Filters)

المرشح الزلطى عبارة عن طبقة من الحشو بقطع البلاستيك مغطاة بطبقة من البكتريا حول حبيبات الوسط الترشيحي والتي تمر المياه فوقها. مع مرور مياه الصرف خلال المرشح، تزال المواد العضوية الموجودة بواسطة الطبقة البيولوجية التي تحيط بحبيبات الوسط الترشيحي. تستخدم مادة البلاستيك للتحشيه (كوسط ترشيحي) بعمق حتى ١٢,٢ متر تحميل هيدروليكي مرتفع حتى ٠,١٦ متر مكعب في الدقيقة لكل متر مربع من سطح المرشح البيولوجي. تصل نسبة الإزالة للحمل العضوى إلى ٩٠% فى بعض مياه الصرف وذلك طبقا للتحميل العضوى وعمق المرشح. الشكل (٨/١٠) يوضح مكونات المرشح بالحشو من البلاستيك.

لقد استخدم المرشح الزلطى بمادة الوسط الترشيحي (التحشية) من البلاستيك للمعالجة المسبقة لمياه الصرف الصناعي عالية التركيز حيث أمكن تحقيق نسبة إزالة للحمل العضوى (BOD) حوالى ٥٠% وذلك عند أحمال هيدروليكية وعضوية أكبر من ٠,١٦ متر مكعب/الدقيقة / المتر المربع، ٨٠ كجرام/المتر المكعب فى اليوم. مع إنخفاض درجة الحرارة تخفض كفاءة المرشح الزلطى.

٤- الملامسات البيولوجية الدوارة (Rotating Biological Contactors)

يتكون الملامس البيولوجى الدوار من وسط ترشيحي من البلاستيك بقطر كبير مركب على عامود إدارة أفقى فى حوض. يدور الملامس ببطئ مع حوالى ٤٠% من المساحة السطحية مغمورة. تتكون طبقة من الكتلة البيولوجية بسبك ١-٤ ملليمتر على الوسط الترشيحي. (وهذه تكافئ ٢٥٠٠ إلى ١٠٠٠٠ ملجرام/لتر فى النظام المخلوط). مع دوران الملامس فإنه يحمل طبقة من مياه الصرف إلى الهواء بما ينتج عنه انتقال الأكسجين والغذاء. تحدث إزالة إضافية مع دوران الملامس خلال السائل فى الحوض. تأثيرات قوى القص تسبب سقوط الكتلة البيولوجية من على سطح الوسط الترشيحي كما فى حالة المرشحات الزلطية. تزال الكتلة البيولوجية فى المرووق. الوسط الترشيحي يتكون من البولى إثيلين عالى الكثافة بمساحة سطحية نوعية ١٢١ متر مربع/المتر المكعب. قطر الوحدات حتى ٣,٧ متر وبطول ٧,٦ متر، تحتوى على سطح ٩٢٩٠ متر مربع فى المقطع الواحد.

المتغيرات ذات التأثير على كفاءة المعالجة هي:

- سرعة الدوران.
- زمن المكث لمياه الصرف.
- درجة الحرارة.
- غمر القرص.

في معالجة مياه الصرف ذات الحمل العضوى المنخفض حيث BOD حتى ٣٠٠ ملجرام/لتر فإن الكفاءة تزداد مع زيادة سرعة الدوران حتى ١٨ متر فى الدقيقة مع عدم تحسن إضافى عند زيادة سرعة الدوران عن ذلك. أما فى حالة مياه الصرف ذات الأحمال العضوية العالية فإن زيادة سرعة الدوران تزيد الالتصاق، التهوية، الخلط. ولكن الزيادة السريعة فى سرعة الدوران تزيد من استهلاك الطاقة بما يتطلب الموازنة ما بين زيادة الطاقة وزيادة المساحة.

عند معالجة مياه الصرف الصحى تزداد الكفاءة مع زيادة حجم السائل إلى مساحة سطحية ٠.٠٠٤٩ متر مكعب/المتر المربع. لا يحدث أى تحسن فى حالة الزيادة عن هذه القيمة، فى كثير من الحالات حدث تحسن بزيادة المراحل من ٢ إلى ٤ ولكن لم يحدث أى تحسن فى حالة زيادة المراحل عن ذلك.

توجد عدة عوامل بسبب هذه الظاهرة. معدل التفاعل يزداد مع التدفقات المحجوزة او العمليات متعددة المراحل، مع تغير المحتويات فى مياه الصرف فإن الكتلة البيولوجية يمكن أن تتأقلم مع ملوثات معينة فى المراحل المختلفة، يمكن أن تحدث النتجة فى المراحل الأخيرة حيث المستوى المنخفض من الحمل العضوى يساعد فى زيادة النمو والتكاثر لبكتريا النتجة على الوسط الترشيحي.

فى حالة مياه الصرف عالية التركيز، يمكن استخدام المرحلة الأولى بحجم كبير للمحافظة على استمرار الحالة الهوائية. يمكن استخدام مروق فى المراحل البينية حيث تنتج كميات كبيرة من المواد الصلبة وذلك لتجنب الحالات اللاهوائية فى أحواض التلامس.

القواعد التصميمية طبقاً للمعادلة الآتية والتي تشبه تلك للحماة المنشطة:

$$\frac{Q}{A} (S_0 - S) = KS$$

حيث

Q = معدل التدفق.

A = المساحة السطحية.

$$S_0 = \text{تركيز المياه الداخلة.}$$

$$S = \text{تركيز المياه المعالجة.}$$

$$K = \text{معدل التفاعل.}$$

فى حالة مياه الصرف ذات التفاعلات شديدة التغير بالنسبة للتركيز

$$\frac{Q}{A} (S_0 - S) = K \frac{S}{S_0}$$

فى حالة مياه الصرف ذات الأحمال العضوية العالية (BOD) يمكن تحسين الأداء باستخدام هواء غنى بالأكسجين حول الوسط الترشيحي وذلك لزيادة إنتقال الأكسجين وإزالة الحمل العضوى.

أقصى معدل لإزالة الحمل العضوى يرتبط بالحمل العضوى ودرجة التحلل البيولوجى للمواد العضوية.

كفاءة المفاعلات المتعددة على التوالى يمكن تعريفها بالمعادلة

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{1}{1 + KA/Q} \right)^n$$

حيث n هو عدد المراحل.

٧- المعالجة البيولوجية اللاهوائية: Anaerobic Decomposition

المعالجة البيولوجية اللاهوائية هى عبارة عن تحلل لاهوائى حيث تتحلل المخلفات العضوية إلى الغاز (الميثان وثانى أكسيد الكربون) فى عدم وجود الأكسجين. رغم التشابه مع المعالجة الهوائية إلا أنه توجد إختلافات أساسية معينة حيث يلزم مراعاتها وهى:

تحول الاحماض العضوية إلى غاز الميثان ينتج طاقة صغيرة، لذلك فإن معدل النمو يكون بطيئاً وبالتالي إنتاج وتكاثر الكائنات يكون بطيئاً. تفاعلات معدل الإزالة وإنتاج الحمأة كلاهما قليل جداً مقارنة بالحمأة المنشطة. كمية المواد العضوية التى تتحول إلى الحالة الغازية تختلف ما بين ٨٠ إلى ٩٠%. حيث أن تخليق الخلايا أقل فى العملية اللاهوائية فإن مطالب الغذاء تكون بالتالى أقل عن المطلوب للعمليات الهوائية. زيادة الكفاءة تحتاج إلى درجة حرارة مرتفعة واستخدام التسخين للمفاعلات اللاهوائية، حيث يمكن استخدام غاز الميثان المنتج لتوفير هذه الحرارة. ولكن المخلفات ذات المحتوى المنخفض من الأكسجين الحيوى أو الأكسجين الكيماوى المستهلك سوف لا توفر الميثان الكافى للتسخين بما يتطلب مصدر إضافى للتسخين.

العملية اللاهوائية تعمل بأحد عدة طرق:

١- عملية الالتصاق اللاهوائية: (Anaerobic Contact Process) الشكل (٨/١١)
يوضح فصل وتدمير نبت الكائنات (Seed Organisms)، بما يسمح زمن مكث للعملية من ٦-١٢ ساعة، يلزم عادة توفير جهاز لإزالة الغازات لخفض المواد الصلبة الطافية فى خطوة الفصل. لزيادة درجة المعالجة فإن زمن المكث قدر عند ٣٢م لمدة عشرة أيام، وهذا التقدير يتضاعف لكل خفض فى درجة الحرارة قيمته ١١م.

٢- المرشح اللاهوائى يوفر نمو للكائنات الدقيقة اللاهوائية على مادة الوسط الترشيحي. المرشح يمكن أن يعمل بالتدفق العلوى كما هو موضح فى الشكل (٨/١١) أو بالتدفق لأسفل. الوسط الترشيحي من مادة الحشو بينما يحتجز المواد الصلبة البيولوجية كذلك يوفر الفصل للمواد الصلبة والغاز المنتج فى عملية الهضم والتحلل اللاهوائى.

٣- فى حالة التدفق العلوى بطبقة الحمأة اللاهوائية شكل (٨/١١) توجه مياه الصرف إلى قاع المفاعل حيث يجب توزيعها بانتظام. مياه الصرف تتدفق لأعلى خلال طبقة من حبيبات بيولوجية متكونة والتي تستهلك المخلفات مع مرورها خلال الطبقة. عند تصاعد غاز الميثان وغاز ثانى أكسيد الكربون فإنه يتم إحتجازهما فى (Dome) الغازات. يمر السائل الى حيز الترسيب للمفاعل حيث يحدث فصل مابين السائل والمواد الصلبة. المواد الصلبة تعود إلى مساحة الطبقة بينما تخرج السوائل فوق الهدارات. تكون الحبيبات واستمرارها له أهمية بالغة فى نجاح العملية. فقد أظهرت الدراسات أن ١٥٠ ملجرام على اللتر من أيون الكالسيوم يساعد على تكون الحبيبات، أيون الحديدوز بنسبة ٥-١٠ ملجرام/لتر يساعد فى خفض النمو العضوى. للمحافظة على بقاء الطبقة طافية وعالقة فإن سرعة التدفق العلوى من ٠,٦ إلى ٠,٩ متر فى الساعة إستخدمت بنجاح. يحدث تثبيت للمخلفات عند مرورها خلال طبقة الحمأة، مع تركيز للمواد الصلبة فى طبقة الحمأة مرتفع ما بين ١٠٠ إلى ١٥٠ جرام/لتر. كما أن التحميل حتى ٩٦ كجرام / المتر المكعب فى اليوم استخدم بنجاح فى بعض أنواع مياه الصرف. فى المعالجة لمياه الصرف من صناعات السكر حققت خفض ٨٠% مع تحميل ١٠ كجرام (CDO) اكسجين كيماوى / المتر المكعب فى اليوم.

٤- فى مفاعل الطبقة السائلة شكل (٨/١١) يتم ضخ مياه الصرف إلى أعلا خلال طبقة الرمال التى تنمو عليها الكائنات الميكروبية. تركيز الكتلة البيولوجية الذى يزيد عن ٣٠٠٠٠ ملجرام/لتر. عودة المياه المعالجة للخلط مع المياه الخام بكميات تمليها تركيزات مياه الصرف وسرعة الطبقة السائلة. كفاءة الإزالة

للمواد العضوية بنسبة ٨٠% توفرت عند تحميل ٤ كجرام COD / المتر المكعب فى اليوم لمياه صرف مخففة.

إستخدام الهواء/الكلور فى المعالجة المسبقة والمعالجة النهائية.

١- الهواء: يستخدم الهواء فى أحواض الترسيب الأولى أو أحواض حجز الرمال لإزالة الروائح الكريهة وزيادة الأكسجين المذاب وزيادة ترسيب المواد الصلبة العالقة. كما يستخدم بعد المعالجة النهائية لزيادة محتوى مياه الصرف المعالجة من الأكسجين المذاب. كما يستخدم الكلور فى المعالجة المسبقة وذلك بحقن جرعة كلور عند خروج مياه الصرف من بئارة التجمع أو حوض التسوية وقبل دخولها حوض حجز الرمال حيث يعمل الكلور على التخلص من الروائح الكريهة بتفاعله مع كبريتيد الهيدروجين بالإضافة إلى كونه كمطهر.

فى حالة معالجة مياه الصرف من دباعة الجلود يتم حقن الهواء ومحلول الكلور فى الماء لإمكان التخلص التام من الروائح الكريهة.

الفصل التاسع

معالجة التلوث الحرارى لمياه التبريد

Treatment of Thermal Discharge of Waste Heat and Thermal Pollution

١- مقدمة:

يمكن اعتبار الحرارة كمصدر للتلوث وذلك نتيجة إضافتها أو إزالتها من الماء وحدث تغير فى التفاعلات البيوكيميائية، تدمير الكائنات المائية، وتغير نمط الحياة المائية وكذلك خفض نوعية المياه.

يمكن تعريف التلوث الحرارى بأنه التغير الكبير فى درجة حرارة الماء بسبب الإزالة أو الإضافة للحرارة خلال الأنشطة التنموية.

معظم الصناعات المنتجة للحرارة هى محطات توليد الطاقة الكهربائية (باستخدام الوقود الطبيعى من الفحم أو الغاز أو الوقود الذرى)، معامل تكرير البترول، مصانع الصلب، المصانع الكيماوية، مصانع السورق ولب الورق. أما باقى الصناعات مثل صناعة منتجات الألبان... الخ فإنها أقل إنتاجا للحرارة. ولكن فى هذه الدراسة سيتم تناول التلوث الحرارى للمياه المستقبلية عند إضافة حرارة من مصادر صناعية، حيث معظمها من صرف مياه تبريد المكتثات من محطات توليد البخار لإنتاج الطاقة الكهربائية.

الصرف الحرارى لمياه التبريد على المسطحات المائية له تأثيرات طبيعية وكيميائية وبيولوجية وذلك فى حالة زيادة حرارة مياه الصرف عن ٥٥°م عن حرارة المياه فى المسطحات المائية التى يتم الصرف عليها طبقا لقانون البيئة ٩٤/٤.

أ- التأثيرات الطبيعية:

الصرف الحرارى يزيد درجة حرارة المياه المستقبلية. زيادة درجة الحرارة للماء يمكن إعتبارها ضارة أو مفيدة حسب طبيعة الاستخدام للمياه. فمثلاً المياه الساخنة نقل قيمتها عند استخدامها لأغراض التبريد والشرب. وعلى الجانب الآخر فإن المياه الدافئة تقلل تكاليف الكيماويات فى محطات معالجة المياه.

يؤثر التغير فى درجة الحرارة كل الخواص الطبيعية للمياه وهى الكثافة، اللزوجة، ضغط البخار والجذب السطحى، إذابة الغازات فى الماء ومن بينها غاز الأكسجين المذاب فى الماء. كذلك من المهم المحافظة على درجة الحرارة لنمو الكائنات النباتية والتى تموت بارتفاع درجات الحرارة، حيث إنها مصدر جيد للأكسجين المذاب فى الماء أثناء النهار.

ب- التأثيرات الكيميائية:

زيادة درجة حرارة الماء تزيد من معدل التفاعلات الكيميائية حيث يزداد معدل التفاعل بنسبة ٤,٧% لكل زيادة فى درجة الحرارة ١°م. وكذلك زيادة درجة الحرارة تزيد من الأكسجين الحيوى (BOD) اللازم للتحلل البيولوجى للمواد العضوية المذابة والعالقة، حيث يزداد الأكسجين الحيوى بمعدل ٢% لكل إرتفاع فى درجة الحرارة ١°م.

ج- التأثيرات البيولوجية:

إرتفاع درجة حرارة الماء يؤثر على معدل النمو للكائنات المائية وكذلك على معدلات التكاثر والتنفس أو الموت. ولكن إرتفاع درجة الحرارة فى حدود ٥-٧°م

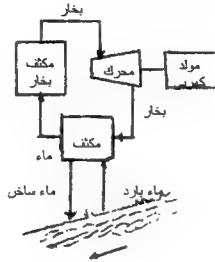
يمكن تحمله. إن زيادة زمن التعرض لدرجة الحرارة المرتفعة يضاعف من تأثيرها السلبى على الكائنات المائية. الأسماك تقاوم مؤقتاً درجة الحرارة المرتفعة حتى 34°C ، وإن كانت تتأقلم مع درجات الحرارة المرتفعة أحياناً إلا أن ذلك لا يحدث فى حالة إنخفاض درجة الحرارة. يزداد معدل التنفس للأسماك ومتطلبات الغذاء مع ارتفاع درجة الحرارة. يمكن للأسماك أن تقاوم لعدة درجات أقل من درجات الحرارة القاتلة المرتفعة ولذلك فإن الأسماك تبحث دائماً عن درجة الحرارة المفضلة. كذلك يزداد تأثير السمية لبعض المواد على الأسماك بارتفاع درجة الحرارة.

٢- آلية التخلص من حرارة مياه التبريد: Mechanism of Heat Dissipation

نقل الحرارة من مكثف تبريد المياه إلى الجو تتم عادة بطريقتين: وهما الصرف المباشر لمياه التبريد إلى مسطحات المياه حيث يتم التخلص من الحرارة الزائدة بطريقة طبيعية، باستخدام تجهيزات التبريد مثل أحواض التبريد أو أبراج التبريد للتخلص من الحرارة الزائدة. فى حالة الصرف المباشر فإنه يتم بطريقتين وهما الصرف السطحي والصرف أسفل سطح الماء.

الصرف السطحي عبارة عن نظام مكون من ماسورة التى تتدفق منها مياه الصرف الحرارى إلى سطح المياه المستقلة، أو باستخدام مدار تتدفق من فوقه المياه الساخنة إلى سطح المسطح المائى.

نظام الصرف تحت السطحي يتكون من ماسورة وعدة نافورات (Nozzles) موضوعة أسفل سطح الماء. هذا يمكن الصرف الحرارى من الخروج بسرعات عالية واختلاطه بالماء البارد. نظرية الصرف تحت السطحي تعود إلى طفو المياه الساخنة إلى أعلا وكذلك بفعل السرعة العالية للبنىق التى تتراوح ما بين ١٠-١٥ قدم فى المثابة شكل (٩/١).



شكل (٩/١) نظام التبريد مرة واحدة

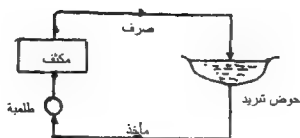
٣- نظم التبريد: Cooling Systems

أ- التبريد بالتبخير (Evaporative Cooling)

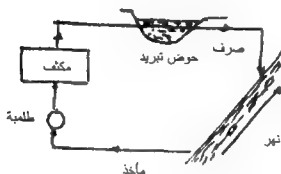
(١) أحواض التبريد

وهذه هى أبسط طريقة للتخلص من الحرارة الزائدة كما أنها قليلة التكلفة وذلك فى حالة توفر مساحات من الأرضى. وهذه الأحواض تتراوح فى العمق ما بين ٦-٨ قدم كما أنها يمكن أن تعمل لمدة زمنية طويلة يوجد ثلاث أنواع من هذه الأحواض وهى:

- الأحواض تامة الخلط حيث تكون درجة الحرارة واحدة خلال الحوض.
 - الأحواض ذات التدفق الداخلى حيث تنخفض درجة الحرارة باستمرار مع تحرك المياه من المآخذ إلى المخرج. مأخذ المصنع يمكن أن يوضع عند مخرج الحوض، وبذا يوفر دائرة مغلقة، أو أن مخرج الحوض يمكن أن يصرف الماء إلى مسطح مائى طبيعى. وبذا يتوفر نظام الدائرة المفتوحة
- شكل (٩/٢)، شكل (٩/٣).



شكل (٩/٢) بركة تبريد - الدورة المغلقة



شكل (٩/٣) بركة التبريد - الدورة المفتوحة

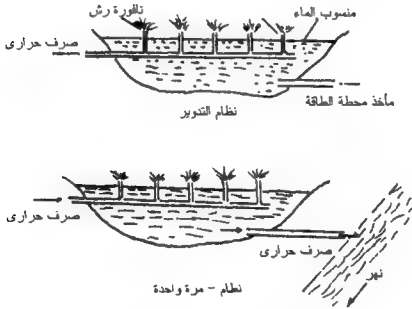
- الأحواض ذات الدوران الداخلى حيث المياه الساخنة ترتفع فوق المياه الباردة.

عند تصميم أحواض التبريد فإن العامل الهام هو اتمساحة السطحية المطلوبة لتبريد الصرف الحرارى، نظرا لأن الانتقال الحرارى يحدث غالبا عند السطح. المساحة السطحية المطلوبة هي هكتار لكل طاقة ميجاوات بالنسبة للمحطات التى تعمل بالوقود الثقيل (Fossil)، ١,٥ - ٢ هكتار للمحطات التى تعمل بالوقود النووى. زمن المكث فى أحواض التبريد أطول مقارنة بأبراج التبريد.

(٢) أحواض الرش (Spray Ponds)

أحواض الرش هي أحواض تبريد مطورة حيث أنها تحتوى على نظام تبريد مكون من نافورات فى مواسير متقبة شكل (٩/٤). نظام الرش يفتت المياه الساخنة

إلى نقاط مياه صغيرة بقطر ٠,٣٨ إلى ٠,٥ بوصة. وهذه النقاط الصغيرة توفر أكبر سطح للمياه لتسهيل الانتقال الحرارى إلى الجو أفضل من الانتقال الحرارى من أحواض التبريد. أحيانا تزود أحواض الرش بفتحات حماية مستطيلة مائلة لخروج المياه وخفض الفقد. تصميم حوض الرش يتوقف على الظروف المناخية، سرعة الرياح، وتوفر الأراضي. معدل الانتقال الحرارى لأحواض الرش يتراوح ما بين ٤٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ وحدة حرارية فى الساعة على القدم المربع ($Btu/h/ft^2$). حوض الرش يمكن أن يتكون من نظام الرش الثابت، حيث أوضاع المواسير والنافورات يكون ثابتا أو نظام الرش يكون متغيرا حيث الوحدات المحتوية على عدة نافورات تستخدم فى رش المياه الساخنة.

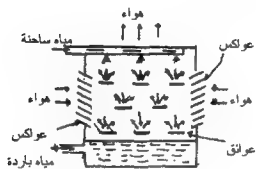


شكل (٩/٤) برك الرش

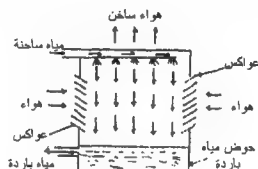
(٣) الأبراج الهوائية (Atmospheric Towers)

فى الأبراج الهوائية يتم ضخ المياه الساخنة إلى أعلا ثم يتم رشه إلى أسفل خلال فتحات. يدخل الهواء إلى برج التبريد خلال الفتحات المائلة المستطيلة

(Louvered) الموجودة في الاجناب ويتدفق خلال إتجاه عرضي. الهواء الساخن المحمل بالرطوبة يرتفع إلى أعلا ويتم صرفه خلال قمة البرج. تتوقف حركة الهواء خلال البرج على سرعة الرياح خارج البرج. يوجد نوعين من الأبراج الهوائية للشكل (٩/٥) حيث تفتت النافورات المياه إلى نقاط صغيرة، الأبراج الهوائية المجهز بعوائق شكل (٩/٦) والتي تعمل على زيادة سطح المياه المعرضة. هذه الأنواع من الأبراج الهوائية ليست شائعة الاستخدام حاليا وإن كان استخدامها مقصورا فقط في حالة عدم الاهتمام بارتفاع درجة الحرارة.



شكل (٩/٦) حوض العوائق الهوائي



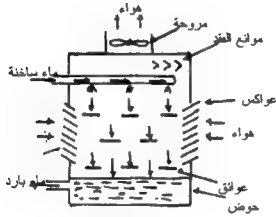
شكل (٩/٥) حوض الرش الهوائي

(٤) أبراج السحب الميكانيكي (Mechanical Draft)

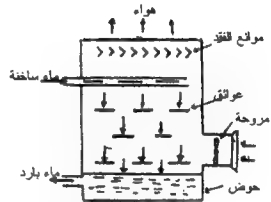
أبراج السحب الميكانيكي بتيخير المياه. حيث يستخدم لذلك برج مصنوع من الخشب أو من الخرسانة به حشو من الخشب أو من البلاستيك والذي تسقط فوقه المياه لتتكون حبيبات صغيرة من قطرات الماء. يستخدم في هذا النوع من الأبراج مراوح لتوفير حركة الهواء خلال برج التبريد. المراوح يمكن أن يتم وضعها إما عند المأخذ حيث تدفع الهواء خلال البرج أو عند نهاية المخرج حيث توفر تدفق الهواء يوجد نوعين من أبراج التحشية وهما التحشية للتشتت حيث تشتت المياه إلى طبقات رقيقة متجاورة. السائد في أبراج السحب الميكانيكي هو التحشية للتشتت

(Splash Packing). تجهز هذه الأبراج بتجهيزات لمنع الفقد والتسرب للمياه فى الجو.

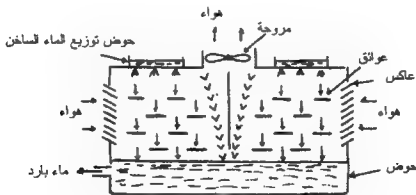
يوجد نوعين من أبراج السحب الميكانيكى وهما أبراج دفع الهواء حيث تتركب المراوح عند المدخل شكل (٩/٧)، أبراج سحب الهواء حيث المراوح عند المخرج شكل (٩/٨). يوجد نوعين من أبراج سحب الهواء حيث تكون مروحة أو أكثر عند نهاية المخرج للبرج، حيث يسحب الهواء خلال البرج. يكون تدفق الهواء إما معاكس شكل (٩/٨) أو متقاطع شكل (٩/٩).



شكل (٩/٨) حوض دفع الهواء بالتدفق المعاكس



شكل (٩/٧) برج دفع الهواء

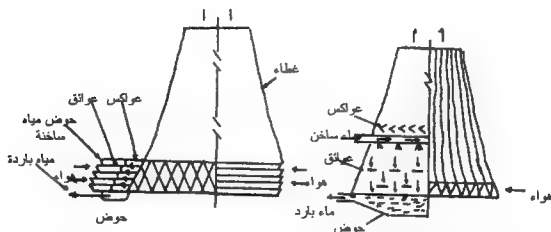


شكل (٩/٩) برج سحب الهواء بالتدفق المتقاطع

(٥) أبراج التبريد بالسحب الطبيعي للهواء (Natural Draft)

أبراج التبريد بالسحب الطبيعي للهواء عبارة عن منشأ مرتفع حيث يقل المقطع مع الارتفاع (Hyperbolic). هذه الأبراج تسبب الفقد في الحرارة كما في حالة أبراج السحب الميكانيكي للهواء. يتدفق الهواء خلال البرج طبيعياً بسبب وجود ارتفاع متناقص في المقطع والذي يعمل على سحب الهواء بدلاً من المراوح، حيث يتدفق الهواء طبيعياً لوجود فرق في الكثافة ما بين الهواء الداخلي والخارجي وكذلك بسبب الفرق في الضغط الجوي بسبب ارتفاع البرج. يمتص الهواء الحرارة وبخلر الماء حيث يحدث تبريد للماء الساخن، وبذا تنخفض كثافة الهواء بما يسبب صعوده خلال البرج. مع ارتفاع الهواء الساخن والرطب، فإنه يتم السحب الطبيعي للهواء خلال البرج وبذا يظل التدفق المستمر للهواء.

يبلغ ارتفاع هذه الأبراج حتى ١٥٠ متر. والقاع به مواد تحشيه أو إعاقة لنظام توزيع المياه والفتحات لتدفع الهواء بارتفاع ٧-١٠ متر. يوجد نوعين من هذه الأبراج وهما بالتدفق المعاكس شكل (٩/١٠)، بالتدفق المتقاطع شكل (٩/١١).



شكل (٩/١١) برج التهوية الطبيعية
بالتدفق المتقاطع

شكل (٩/١٠) برج التهوية الطبيعية
بالتدفق المعاكس

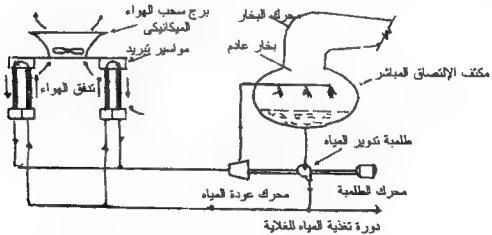
ب- التبريد بدون تبخير (Nonevaporative Cooling)

فى التبريد بدون تبخير أو التبريد الجاف يتم إنتقال الحرارة إلى الهواء بالتوصل الحرارى (Induction and Convection) وليس بالتبخير حيث استمرار تدفق الهواء خلال نظام التبريد مع عدم التصاقه مباشرة مع مياه تبريد المكثف أو البخار المطلوب تكثيفه.

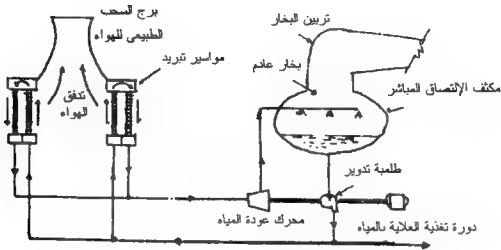
يوجد نوعين من نظام التبريد بدون تبخير وهما النظام المباشر والغير مباشر.

(١) النظام الغير مباشر (Indirect System)

يستخدم فى هذا النظام المكثف بالاتصاق المباشر لتكثيف البخار الخارج من المحرك. يتم ضخ الماء من المكثف إلى برج التبريد الجاف ثم تعاد المياه الباردة إلى نظام الرش فى مكثف الالتصاق المباشر. مكونات النظام غير المباشر هى مكثف الالتصاق المباشر، طلمبات تدوير المياه، محرك إستعادة المياه، مواسير تبريد، برج السحب الطبيعى أو الميكانيكى للهواء لتوفير حركة الهواء المطلوبة. شكل (٩/١٢) يوضح النظام غير المباشر بالدفع الميكانيكى للهواء، الشكل (٩/١٣) يوضح برج السحب الطبيعى للهواء.



شكل (٩/١٢) نظام تبريد غير مباشر - برج سحب الهواء ميكانيكى



شكل (٩/١٣) نظام التبريد الجاف الغير مباشر ببرج التهوية الطبيعية

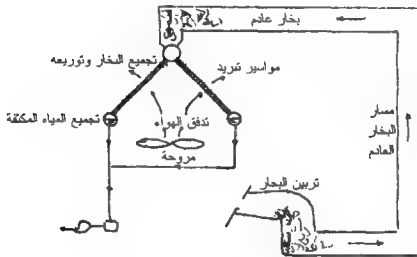
يعمل النظام غير المباشر كالآتي:

يتم رشك المياه الباردة من مواسير التبريد بالالتصاق المباشر في المكثف الذي يستقبل البخار الخارج من المحرك. تختلط المياه الباردة مباشرة مع البخار وتعمل على تكثيفه. خليط البخار المكثف والمياه الباردة من برج التبريد يتم صرفها من المكثف بالتدوير والطللمبات. كمية مياه مساوية للبخار المكثف من المحرك تدفع إلى الغلاية لإعادة تبخيرها. الحجم المتبقى يوجه إلى مواسير التبريد لتبريده. تظل المحافظة على ضغط موجب في النظام فيمته ٣ قدم (١ متر) وذلك لمنع تسرب الهواء. يتم تنفيذ ذلك إما بواسطة محبس خائق (Throttle Valve) أو بواسطة محرك عودة المياه مركب في ماسورة الصوف من البرج.

(٢) النظام المباشر (Direct System)

في هذا النظام يتم تكثيف البخار العادم من المحرك في مواسير التبريد وليس في المكثف المباشر. المكونات الرئيسية هي: حاصدة البخار، مواسير التبريد،

مراوح لتحريك الهواء، ظلمبات المياه المكثفة. الشكل (٩/١٤) يوضح مخطط لبرج النظام المباشر. فى هذا النظام يدفع البخار العادم من المحرك إلى مواسير التبريد خلال حاصدة بخار العادم. مواسير التبريد بها زعانف معدنية التى توفر المساحة السطحية الضرورية للانتقال الحرارى. يدفع الهواء بواسطة مروحة طبقاً للحاجة لتكثيف البخار. زعانف مواسير التبريد تتشأ كما فى الشكل (٩/١٤) أو قد تكون فى شكل حزم مواسير أفقية. يتدفق البخار والبخار المكثف فى نفس الإتجاه، وبذا ينخفض الفقد فى الضغط مع زيادة معدل الانتقال الحرارى.



شكل (٩/١٤) برج للتبريد المباشر الجاف

الفصل العاشر

تداول الحمأة ومعالجتها والتخلص من الزيوت والشحوم من المخلفات الصناعية

أولاً: التداول والمعالجة والتخلص من الحمأة:

(Sludge Handling and Processing)

١- بمجرد وجود الحمأة في عملية المعالجة، يكون من الضروري عادة التعامل مع هذه الحمأة قبل التخلص منها. الخطوات اللازمة للتعامل تشمل الآتي:

زيادة الكثافة (Thickening).

التثبيت (Stabilization).

المعالجة (الإعداد) (Conditioning).

سحب المياه (Dewatering).

التجفيف الحراري (Heat Drying).

الإختزال (Reduction).

في معظم الحالات ليست كل هذه الأشكال من التعامل تكون مطلوبة. الخطوات المطلوبة تعتمد على خواص الحمأة والطريقة التي سيتم التخلص بها من الحمأة. التداول لكل نوع من الحمأة يتطلب اعتبارات حذرة نظراً لأن التكاليف المرتبطة

بتداول الحمأة والتخلص منها يمكن أن تمثل ٥٠% أو أكثر من إجمالي تكلفة المعالجة. بدائل تداول الحمأة المتاحة أثناء عمليات المعالجة المسبقة موضحة فى الشكل (١٠/١). المواد المتبقية فى هذا المخطط للتداول تقسم عادة كحمأة أولية (Primary Sludge)، حمأة ثنائية (أو بيولوجية)، حمأة كيميائية، أو مواد أخرى تزال أثناء المعالجة (مثل الرمال، الخبث الطافي، الحجز بالمصافي).

بدائل التداول للحمأة الناتجة فى عمليات المعالجة المسبقة يجب أن تفرق بين الحمأة ذات النوع الحبيبي والتي يمكن زيادة كثافتها وسحب المياه منها بسهولة إلى محتوى من المواد الصلبة فى حدود من ٣٠ - ٥٠% وأكثر، والحمأة ذات خاصية الاحتفاظ بالماء والتي يصعب سحب المياه منها (Dewater) إلى محتوى من المواد الصلبة أكثر من ٢٠%. الحمأة البيولوجية وكثير من حمأة المروبات بالشبه هى من النوع الثانى حيث يصعب زيادة كثافتها وسحب المياه منها مقارنة بالحمأة المحتوية على مكونات من الأجسام الحبيبية (Granular).

إختيار البدائل لتداول الحمأة يجب أن يراعى:

- خواص الحمأة: شاملة خواصها فى حجز المياه وطبيعتها الخطرة أو الغير خطيرة.
- نوعية الحمأة.
- محتوى الحمأة من المواد الصلبة الذى سيتم تداوله.
- أسعار الأراضي، الطاقة، والعمالة.
- توفر مساحات من الأراضي.
- القوانين المنظمة للتخلص من الحمأة.

وقبل كل شيء فإن اختيار عمليات تداول الحمأة يجب البدء بها مع معرفة التكاليف، البدائل للتخلص النهائي. إنه من العادى إختيار عمليات التداول والتصميم قبل تحديد التخلص النهائي للحمأة. فى مثل هذه الحالات تكون عمليات التداول للحمأة نادراً ما تتوافق مع بدائل التخلص النهائي بالنسبة لسحب المياه من المواد الصلبة للحمأة، وبالتالي إما أن الحمأة لا يتم السحب للمياه منها بطريقة كافية أو أن قطع الحمأة تكون جافة أكثر من اللازم.

فى الحالة الأخيرة تكون تكاليف التداول وسحب المياه أكثر من المطلوب. هذا بالإضافة إلى أن المتغيرات مثل قابلية المواد السامة للفسيل، درجة الثبات، ووجود بعض المواد الأخرى غير المرغوب فيها قد يجعل من الحمأة عدم الملائمة لبدائل التخلص النهائي.

٢- إعداد الحمأة (Sludge Conditioning)

معظم الحمأة تتطلب شئ من الإعداد قبل زيادة الكثافة وسحب المياه (Before Thickening, Dewatering). يمكن أن ينقسم الإعداد إلى نوعين: وهما المروبات غير العضوية، البولى إلكتروليت العضوية، هذا بالإضافة إلى أنه يمكن إستخدام مواد خاملة مثل نشارة الخشب، أو أى مواد أخرى لإمتصاص المياه وزيادة ثبات الحمأة.

المروبات غير العضوية مثل الجير المطفى (Lime)، الشبه، أملاح الحديدىك تفيد فى ترويب جسيمات الحمأة الهلامية حيث تتكون شبكة غير عضوية فى الحمأة العضوية بما يسهل عملية سحب المياه. ولكن المروبات تزيد من حجم الحمأة، لذلك فإن البولى إلكتروليت المختلفة والتى تستخدم عموماً بنسب قليلة جداً مقارنة بالمروبات غير العضوية تفيد فى زيادة حجم جسيمات الحمأة، بما يساعد فى عمليات زيادة الكثافة وسحب المياه. فى كثير من الحالات تستخدم المروبات غير

العضوية ومساعدات الترويب من البولى إليكتروليت العضوى لزيادة كفاءة سحب المياه من الحمأة. فى حالة استخدام التخلص فى التربة أو بالحريق فإنه يجب تقييم استخدام الجير المطفى أو كلوريد الحديدىك لتجنب مشاكل الملوحة والتآكل. لذلك فإنه يلزم عمل تجارب معملية أو نصف صناعية لتعيين مادة الترويب والجرعة المناسبة لإعداد الحمأة.

١- زيادة الكثافة وسحب المياه من الحمأة: (Sludge Thickening, Dewatering)

توجد طريقتين لفصل المواد الصلبة من التندفقات المحتوية على مواد صلبة عالقة بتركيز أكبر من ١% وهما زيادة الكثافة وسحب المياه.

• زيادة الكثافة (Thickening)

زيادة الكثافة بالجاذبية

زيادة الكثافة بالهواء المذاب

زيادة الكثافة بالطرد المركزى

• سحب المياه (Dewatering)

الترشيح بالضغط

الترشيح بالسيور الناقلة Belt Filtration

الترشيح بالتفريغ

الطرد المركزى

التجفيف فى طبقة الرمال

يقصد بزيادة الكثافة (Thickening) عموما إلى العمليات المستخدمة للتندفقات الصلبة التى يكون سلوكها كالمسائل. بينما سحب المياه (Dewatering) يعنى به

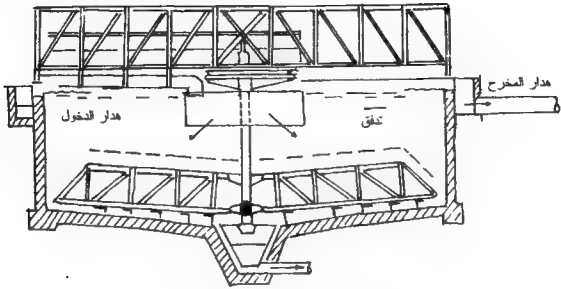
العمليات المنتجة لتدفقات كثيفة يكون سلوكها كالسائل. عموماً التدفقات الصلبة ذات التركيز أقل من ٥% تتطلب زيادة الكثافة (Thickening) قبل سحب المياه (Dewatering). عمليات سحب المياه تنتج تركيزات من المواد الصلبة تساوى أو تزيد عن حوالى ١٥%. ولكن كثير من أنواع الحمأة تفقد خاصيتها السائلة عند تركيزات أكبر من ٨% تقريباً.

(١) زيادة الكثافة: (Thickening)

تستخدم عمليات زيادة الكثافة لخفض حجم الحمأة ما أمكن ذلك وذلك قبل سحب المياه أو التخلص من الحمأة. فى معظم الحالات كفاءة عملية إزالة المياه من الحمأة تتحسن بشكل كبير مع زيادة تركيز المواد الصلبة ولذلك كلما زادت كفاءة عملية زيادة الكثافة كلما إنخفضت تكاليف عمليات سحب المياه. فمثلاً الحمأة من مادة كربونات الكالسيوم نادراً ما يمكن سحب المياه منها عندما تحمل نسبة تركيز المواد الصلبة يقل عن ٦-٧%. عند زيادة تركيز المواد الصلبة عن هذا الحد يحسن من معدل سحب المياه. فى أحد الحالات نسبة تركيز المواد الصلبة ١٠% حقق معدل ترشيح ٢٨٠ إلى ٣٤٠ كجرام/المتر المكعب فى الساعة. بينما فى حالة زيادة كثافة الحمأة إلى ٢٠-٢٢% من المحتوى من المواد الصلبة زاد معدل الترشيح ليصبح ١٤٠٠ إلى ١٧٠٠ كجرام/المتر المكعب فى الساعة.

زيادة كثافة الحمأة بالجاذبية: (Gravity Thickening)

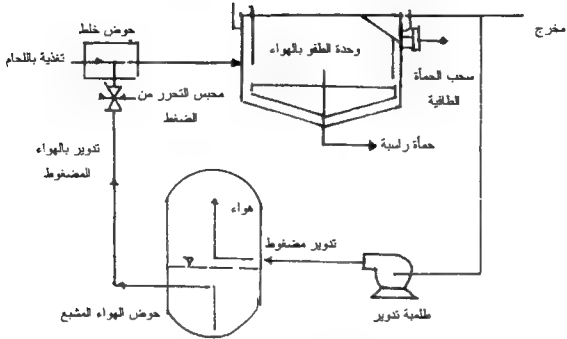
تتم عملية زيادة كثافة الحمأة بالجاذبية فى أحواض الترسيب والترويق حيث آليات الدوران البطيئة شكل (١٠/٢). أهم قاعدة فى تصميم المكثف هى المساحة السطحية المطلوبة لعملية زيادة الكثافة.



شكل (١٠/٢) مكثف الحمأة بالجاذبية

زيادة الكثافة بالطفو بالهواء المذاب:

زيادة الكثافة بالطفو بالهواء المذاب للمواد الصلبة تتم بضغط السائل (فى تطبيقات زيادة الكثافة للحمأة، يكون السائل المتدفق عادة هو الخارج من المروى أى الرائق حيث يتم خلطه مع تدفقات سائل الحمأة الداخلة. شكل (١٠/٣). عند تحرر مخلوط السائلين إلى الضغط الجوى، فإنه تتكون فقاعات صغيرة من الهواء والتى تلتصق بزغبات الحمأة. التصاق فقاعات الغاز بالمواد الصلبة يقلل كثافة هذا المخلوط المتحد بما يجعل المواد الصلبة تطفو على السطح، حيث يتم كشطها من المياه الرائقة فى شكل مركز. يتم تحرر تدفق الحمأة المضغوط فى حوض طفو دائرى أو مستطيل. القواعد التصميمية تتغير طبقاً لنسبة الهواء إلى المواد الصلبة اللازم لتحقيق تأثير واضح على زيادة كثافة الحمأة، معدل التحميل للمواد الصلبة، معدل التحميل الهيدرولى، والتركيز من المواد الصلبة، عموماً زيادة تركيز الحمأة تستخدم الطفو بالهواء لزيادة الكثافة بدلاً من زيادة الكثافة بالجاذبية، ولكن هذه الطريقة أكثر تعقيداً ومتطلبات تشغيلها كثيرة.

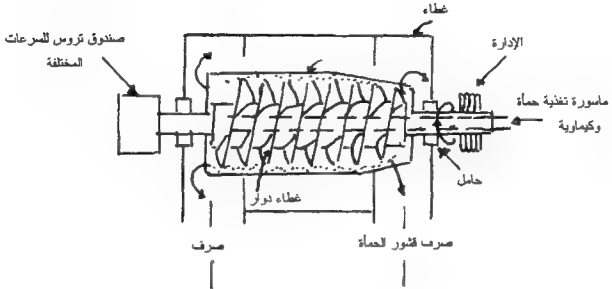


شكل (١٠/٣) الطفو بالهواء المذاب مع تدوير التفتق المضغوط

زيادة الكثافة بالطرد المركزي: (Centrifugal Thickening)

بالإضافة إلى أن عملية الطرد المركزي تعتبر مؤثرة في زيادة الكثافة للحمأة إلا أنها تستخدم كذلك في سحب المياه من الحمأة. في هذه العملية يحدث تعجيل للترسيب باستخدام قوة الطرد المركزي. يوجد ثلاثة أنواع من أجهزة الطرد المركزي المستخدمة في معالجة مياه الصرف وهي (Solid Bowl Scroll, The Basket, Disk Nozzle). جميع هذه الأنواع الثلاث تعمل بمبدأ إزالة المواد الصلبة من السائل تحت تأثير قوة الطرد المركزي، عموماً في مجال من ١٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ ضعف قوة الجاذبية. الفرق الأساسي بين الأنواع الثلاثة هو طريقة جمع وصرف المواد الصلبة. مخطط لأحد أجهزة الطرد المركزي موضح في الشكل (١٠/٤). الميزة الرئيسية لزيادة الكثافة بالطرد المركزي هي المحتوى العالي من المواد الصلبة التي يمكن الحصول عليها، حيث تزيد عن استخدام الجاذبية أو حالة

الهواء المذاب وذلك طبقاً لخواص الحمأة. ولكن عيوب هذه الطريقة هي التكلفة العالية للطاقة بالإضافة إلى تكلفة الصيانة والإصلاح للمعدات المستخدمة نتيجة التآكل والإنسداد.



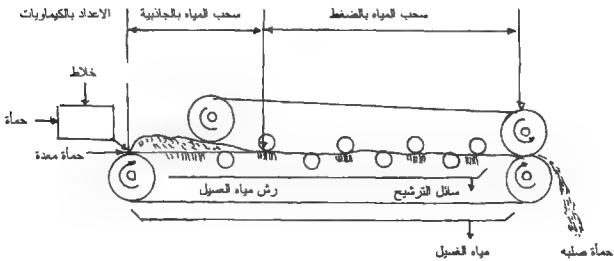
شكل (١٠/٤) الصرف المستمر بالتدفق المعكوس

(٢) سحب المياه: Dewatering

في حالة التخلص النهائي من الحمأة بالحرق أو بدم التربة (Land fill) فإنه يلزم عندئذ خفض الرطوبة. عموماً يتم زيادة كثافة الحمأة (Thickened) قبل عمليات سحب المياه. من بين عمليات سحب المياه تشمل الطرد المركزي والذي سبق مناقشة، الترشيح بالتفريغ (Vacuum Filtration)، الترشيح بالسيور الناقلة (Belt)، الترشيح بالضغط، طبقات التجفيف (Drying Beds). رغم أن كثيراً من المصانع صممت في الماضي على استخدام الترشيح بالتفريغ، إلا أن المصانع الجديدة استبدلت هذه التقنية بمرشحات السيور والتي تنتج نفس القشور من المواد الصلبة ولكنها أقل تعقيداً من الناحية الميكانيكية بالنسبة للتشغيل والصيانة مقارنة لنظم الترشيح بالضغط.

مرشحات الضغط بالسيور الناقلة: Belt Filter Presses

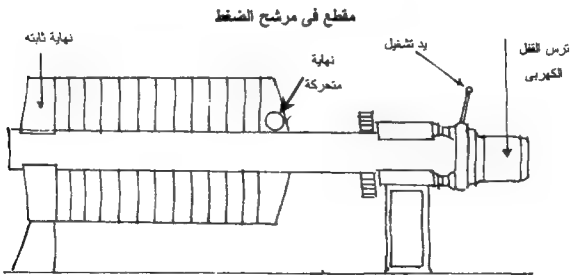
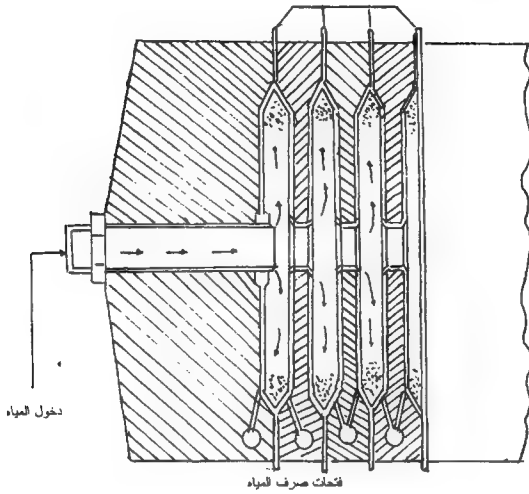
معظم مرشحات الضغط بالسيور تتكون من ثلاث مراحل وهي مرحلة الخلط الكيماوى والإعداد، مرحلة سحب المياه بالجازبية إلى القوام الغير سائل، ثم المرحلة حيث الالتصاق يضيف إلى سحب المياه من الحمأة شكل (١٠/٥). للحمأة التى تم إعدادها بالكيماويات يتم وضعها على سير متحرك. فى هذه الحالة فإن المياه تسحب من الحمأة بالجازبية. فى المرحلة الثانية تتحرك الحمأة أسفل السير الثانى ليحدث لها إلتصاق أكثر مع بعضها، فى هذه المرحلة يزداد الشد بين السير حيث يحدث أداء قص للحمأة بتمريرها خلال ممر إجبارى بين أسطوانتين. مع ترك الحمأة للضغط يفصل كلا من السيرين بما يسمح للحمأة للصرف فى قنادوس من الإعتبارات الهامة عند تصميم مرشح الضغط بالسيور الناقل تشمل الإعداد بالكيماويات اللازمة، حدود التحميل الهيدروليكى والمواد الصلبة، متطلبات مياه الغسيل للسير.



شكل (١٠/٥) الترشيع بالضغط باستخدام السيور الناقلة

مرشحات الضغط باللوح الأجوف (Recessed Plate Filter Press)

عندما يكون المطلوب محتوى عالى من المواد فى الحمأة التى تم سحب المياه منها فإنه تستخدم مرشحات الضغط باللوح الأجوف. الترشيح بالضغط هو عبارة عن عملية مرحلية (Batch) لسحب المياه حيث توضع الحمأة فى المرشح بواسطة طلمبات عالية الضغط. يتم طرد المياه من الحمأة خلال الوسط الترشيحي طبقاً للضغط الناتج من طلمبة التغذية شكل (١٠/٦). تتدفق المياه المرشحة من خلف الوسط الترشيحي خلال ممرات التدفق على سطح اللوح أو فى فتحات غرف الصرف السفلية إلى الخارج فى لوح المرشح. بعد تمام تكون القشور الصلبة عند نهاية عملية الترشيح، تنتهى الدورة وتفتح غرفة المرشح كل غرفة على حدة، بما يسمح بصرف قطع الحمأة إلى قادوس أو إلى سير ناقل. هذه الأنظمة تعمل عند ضغوط تراوح ما بين ٥٠ إلى ٢٢٥ رطل/البوصة المربعة. الميزة الرئيسية لترشيح الضغط لسحب المياه من الحمأة هو المحتوى العالى من القشور الصلبة. مرشحات الضغط العادية توفر قشور حمأة أكثر جفافاً باستخدام عمليات سحب المياه التقليدية من الحمأة. ولكن عيوبها التكلفة المرتفعة.



منظر جانبي لمرشح الضغط

شكل (١٠/٦) مرشح الضغط

أحواض التجفيف الرملية: Sand Drying Beds

بالنسبة للمصانع المنتجة لكمية صغيرة نسبيا من الحمأة فإن أحواض التجفيف الرملية تعتبر مناسبة جدا لسحب المياه. يتم جفاف الحمأة بتسرب المياه خلال الحمأة. وطبقة الرمال الحاملة للحمأة وبتخيز المياه من سطح الحمأة نسبة المياه التي تزال بالتسرب تكون ما بين ٢٥-٥٥% طبقا لمحتوى الحمأة من المواد الصلبة وكذلك طبقا لطبيعة حجز المياه بواسطة المواد الصلبة.

يتم وضع الحمأة الرطبة بأعماق ٢٠ إلى ٣٠سم. يتم ترك الحمأة لتجف على الطبقة الرملية حتى تصبح الحمأة قابلة لإمكان رفعها بسهولة يدويا أو ميكانيكيا باستخدام اللوادر. يمكن خفض الزمن اللازم للتجفيف بالإعداد الكيماوى للحمأة.

٣- عمليات وتقنيات التخلص النهائى من الحمأة: Ultimate Disposal Practices and Technology

أ- التخلص من الرمال والمواد المحتجزة بالمصافي:

ويتم بالردم فى التربة أو بالحرق.

ب- التخلص من الحمأة الزيتية:

ويتم بردم التربة بما لايمكن من التسرب أو بالحرق.

ج- التخلص من الحمأة الكيماوية:

إستخدام أحواض التهوية (Lagoons)، أعمال الردم للتربة، وتحسين خواص التربة (مثل كبريتات الكالسيوم)، وكذلك استعادة كيماويات الترويب.

ثانيا: إزالة الزيوت والشحوم (Oil and Grease Removal)

١ - مقدمة:

معايير الصرف للمخلفات السائلة على شبكة الصرف الصحى أو على المسطحات المائية وصنعت حدود لمحتواها من الزيوت والشحوم من ناحية الكم وكذلك من ناحية النوع مثل زيوت البترول والشحوم التى تلتصق وتعيق التدفق فى خطوط الصرف وكذلك تلك التى فى الحالة الصلبة أو الشبه صلبة والطافية. حاليا تعرف الزيوت والشحوم كأحد الملوثات التقليدية مثل الأكسجين الحيوى المستهلك، المواد الصلبة العالقة، الرقم الهيدروجينى، الكوليفورم الغائطى. تتناقش إجراءات المعالجة المسبقة عند الحاجة لإزالة الزيوت والشحوم واقتصاديات التخلص وتقنيات التخلص.

٢ - قياس المواد بالطرق التحليلية:

لعمل برنامج ناجح لعملية المعالجة المسبقة فإنه يلزم معرفة مختلف المواد نتيجة التحاليل أثناء تعيين تركيزات الزيوت والشحوم. حيث أن درجة المعالجة المطلوبة، تقنيات المعالجة المستخدمة، الأثر البيئى الناتج يختلف طبقا لأنواع المواد.

الطرق القياسية تعرف الزيوت والشحوم كمجموعة من المواد ذات خواص طبيعية متشابهة والتى تحدد كميا على أساس إذابتها فى الفريون (Fereon). الشحوم والزيوت قد تحتوى على هيدروكربونات، أحماض دهنية، صابون، دهون، مواد شمعية، زيوت، ومواد أخرى إستخلصت بواسطة مذيب من عينة حامضية والتى لا تتبخر أثناء الإختبار.

٣- مصطلحات: (Terminology)

توجد الدهون فى كل من النباتات والحيوانات، وهى أحد أهم العناصر الغذائية للإنسان. الشحوم إيسترات الجليسيرول للأحماض الدهنية. وهى تقسم من وجهة النظر الكيميائية طبقاً لمتوسط وزنها الجزيئى ودرجة عدم تشبعها. الدهون عبارة عن خليط من مختلف (Triglycerides) وليست مركب واحد ولها درجة إنصهار منخفضة وغير محددة. زيادة المكونات من الأحماض الدهنية الغير مشبعة تعمل على إنخفاض درجة حرارة الإنصهار للمخلوط. عندما يكون التراى جليسيرايد (Triglyceride) سائل عند درجة حرارة الغرفة فإنها عندئذ يسمى زيت.

الزيوت كذلك تحتوى على هيدروكربونات مثل الجازولين، وقود النفاثات، وقود الهيدروكربونات الثقيل، والقار مثل خام زيت البترول، زيوت الديزل، الأسفلت، زيوت التشحيم.

المواد الشمعية (Waxes) هى عبارة عن إيسترات الكحول وحيدة (Monohydroxylic alcohol Esters of Fatty Acids) الهيدروكسيل للأحماض الدهنية. تختلف المواد الشمعية عن الزيوت والدهون لكونها إيسترات للكحولات الأولية العادية طويلة التسلسل. (Ester of Long Chain Normal Primary Alcohols). عند درجة حرارة الغرفة تكون المواد الشمعية أكثر صلابة عن الدهون. المواد الشمعية الطبيعية تحتوى على أحماض حرة، كحولات حرة، هيدروكربونات. عند غلى الدهون مع إييدروكسيد الصوديوم، فإنه يتكون الجليسرين، أملاح الصوديوم، أوليت الصوديوم. أملاح الصوديوم للأحماض الدهنية هذه تسمى صابون.

الشحوم (Grease) هو مصطلح يستخدم لخليط من المواد مثل الدهون، الزيوت، المواد الشمعية والصابون وذلك حسب تأثيرها على جمع مياه الصرف ونظم المعالجة.

٤ - القياس: (Measurement)

توجد الزيوت والشحوم أساساً من المواد الدهنية الناتجة من مخلفات المطابخ، ومن بعض الصناعات مثل صناعات حفظ اللحوم، غسيل الصوف، تصنيع الزيوت الغذائية، تصنيع جبوب الصويا وجبوب بذور القطن، والصناعات الغذائية وكذلك من الهيدروكربونات ذات الأصل من زيت البترول. معرفة نسبة مختلف الأنواع من الزيوت والشحوم في إجمالي المكون من الشحوم في المخلفات يمكن أن يساعد في التعرف على المصادر الرئيسية للصناعة وكذلك تعيين العمليات الصناعية.

توجد الزيوت والشحوم في الماء كمستحلب أو كجزء بترولي خفيف في المحلول. معظم الزيوت الثقيلة والمواد الشحمية لا تذوب في الماء، ولكن يمكن أن يكون حدث لها إستحلاب عند الإلتصاق بالمنظفات الصناعية، القلويات، وبعض الكيماويات الأخرى.

الحصول على عينات ممثلة للواقع للزيوت والشحوم من مياه الصرف أو من مياه الصرف المعالجة قد يشكل صعوبة. الزيوت والشحوم قد تلتصق على مختلف أجزاء جهاز سحب العينات الآلى وذلك أثناء جمع العينة المركبة وبالتالي يؤثر ذلك كثيراً على التحاليل الواقعية. لذلك فإن أخذ عينات الشحوم يتم جمعها من أسفل سطح مياه الصرف باستخدام تقنيات العينة المخطوفة (Grab Sample)، حيث يستخدم إناء زجاجي متسع الفوهة لجمع العينة. لا يتم جمع العينة من التدفقات العلوية أو من أسفل تدفقات الهدار مباشرة.

عند عدم إمكان عمل التحاليل مباشرة، فإنه يتم حفظ العينة في حامض كبريتيك مركز طبقاً لخطة الحفظ القياسية. لتعيين الشحوم يتم جمع عينات منفصلة. يجب تجنب تقسيم العينة المركبة في المعمل ذلك بسبب إلتصاق الزيوت والشحوم على أجناب وغطاء إناء حفظ العينات، حيث يترتب على ذلك خطأ كبير عند التحليل.

توجد طرق قياسية متعددة لتعيين الزيوت والشحوم. عند الحصول على النتيجة فإن الطريقة المستخدمة لتعيين نسبة الزيوت والشحوم في مياه الصرف وكذلك المذيب المستخدم يجب تعيينهم. كذلك فإن التعيين يجب أن يكون تمام خلال فترة زمنية مقاسة لتجنب الفقد التدريجي بالبخر للمكونات الخفيفة.

عند تعيين الزيت والشحوم فإنه لا يتم قياس كمية مناسبة من مادة معينة. الخواص الطبيعية ذات الوزن وذلك لدرجاتها في مذيبات معينة. حالياً يستخدم الفيريون (Feroen) كمذيب مثالي، وذلك نظراً لأسباب أمنية. ولكن يمكن أن يحدث تداخل مع مواد عضوية أخرى قابلة للإذابة في الفيريون وذلك في حالة وجودها. ولسوء الحظ لا يوجد مذيب واحد يذيب الزيوت والشحوم فقط.

يمكن استخدام أجهزة القياس مثل (Gas, Liquid Chromatography) لتعيين الزيوت والشحوم، ولكن يصعب لإستخدام الروتينى لهذه الطريقة بسبب التكلفة والتعقيدات لاعداد العينة واستخدام الجهاز.

التقنية القياسية ذات القيمة المحدودة والتي يمكن استخدامها على أساس روتينى تبنى على فصل خليط الزيوت والشحوم إلى الهيدروكربونات والمركبات الدهنية. يتوقف هذا الاختبار على تأين (Polarity) مكونات الخليط. في التطبيقات العملية تستخدم السيليكاجيل لإدمصاص المواد الدهنية الأيونية الموجودة، أما المواد من الهيدروكربونات الغير أيونية فلا يحدث لها إدمصاص.

مصطلح الزيوت والدهون يشمل المواد من أصل نباتي، المواد من أنسجة الحيوان، وكذلك الزيوت البترولية (الهيدروكربونات) ومواد أخرى مستخلصة بمذيبات خاصة. الزيوت النباتية ذات تركيب كيمائى يشبه الشحوم الحيوانية. المواد الأخرى المستخلصة قد تشمل مركبات إما ذات أصل من زيت البترول أو من أصل زيت نباتي/حيواني حيث حدث به تغيير بطريقة ما. وتسمى هذه المواد البتروكيمياويات أو الكيمائيات المشتقة من الزيت. إضافة المجموعات على (SO_3) (H أو الكلو (Cl) -) أو النيتروجين يعتبر مثال لهذا التغير.

٥- مصادر الزيوت والشحوم فى مياه الصرف الصحى والصناعى:

فى مياه الصرف الصحى تمثل الزيوت والشحوم ٢٠% من المواد العضوية مقاسة كأكسيد حيوى مستهلك (BOD)، وقد يصل إلى ٣٠-٥٠ ملجرام/لتر. أما مياه الصرف الصحى المحتوية على مخلفات أنشطة صناعية فإنها تحتوى على تركيزات أعلا.

معظم الأنشطة التجارية والصناعية المسببة لوجود الزيوت والشحوم فى محطات معالجة مياه الصرف هى تكرير الزيوت النباتية، صناعة الصابون، صناعة الألبان، صناعة المعلبات، المغاسل، دباغة الجلود، صناعة المنسوجات الصوفية، بعض الصناعات المعدنية.

٦- مشاكل المعالجة بسبب الزيوت والشحوم:

١- خطوط مواسير الصرف وبيارات محطات الفتحة:

المعالجة المسبقة المناسبة يمكنها منع التغطية والتراكم للزيوت على خطوط مواسير الصرف والطلمبات لدرجة منع إعاقاة التنفقات. فى حالة جسيمات الزيوت والشحوم كبيرة لدرجة أنها تطفو على سطح السائل فى المواسير ومحطات

الطلمبات، فإنه يمكن إزالتها بإمكانيات المصنع وذلك قبل صرف سائل الصرف الصناعى على شبكة الصرف الصحى. كما أن التصميم الجيد لخطوط المواسير وكذلك أعمال الصيانة يمكنها من تقليل المشكلة المتعلقة بالزيوت والشحوم.

ب- الترسيب: (Sedimentation)

أحيانا يتم إزالة الزيوت والشحوم فى الترسيب الأولى بدرجة أكبر من المواد الصلبة العالقة. النسب المزالة فى الخبث الطافى ومخلفات الحمأة كبيرة. يحدث الإنسداد بكثرة أحيانا فى خطوط المواسير ذات الأقطار الصغيرة، وخطوط المواسير الطويلة، خطوط المواسير ذات الكيعان الكثيرة، وكذلك خطوط المواسير ذات السطح الداخلى الخشن. مهندس التصميم يمكن أن يتفادى هذه الحالات فى المحطات حيث يتوقع أحمال عالية من الزيوت والدهون. وكذلك يمكن توفير البخار أو أى طريقة لتسخين خطوط المواسير، وكذلك استخدام سدادات التنظيف فى الأماكن المناسبة.

٧- المعالجة البيولوجية الهوائية:

يختلف تأثير الأنواع المختلفة من الزيوت والشحوم على المعالجة البيولوجية الهوائية. بالنسبة للزيوت النباتية والحيوانية فى حالة تشتت فإنها يمكن أن تزال بسرعة فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى بالطرق البيولوجية على الجانب الآخر فإن الزيوت ذات الأساس البترولى يتم تحللها ببطء بالأداء البكتيرى، مثل هذه الزيوت والتى تعمل على تغطية الكائنات البكتيرية يمكن أن تمنع إنتقال الأكسجين وبالتالي تحلل المواد العضوية الأخرى.

تخطيط المعالجة للزيوت النباتية والحيوانية المشتتة فى سائل الصرف يجب أن تراعى المخاطر التى يتعرض لها نظام المعالجة. عملية الحمأة المنشطة التقليدية

حساسة لصدمات التحميل من المخلفات الصناعية. هذه المخاطر يمكن أن تكون لعدة أسباب ولكن أساسا بسبب عدم توفر تجهيزات التسوية مع زيادة المواد التي لا تتألف معها الكائنات الحية الدقيقة. كما أن مخاطر صدمات التحميل الهيدروليكية وصدمات التحميل العضوية يمكن أن تسبب عدة مشاكل في نظام المعالجة لسوائل الصرف.

لقد فشلت محاولات المعالجة البيولوجية الهوائية لزيت البترول وذلك بسبب انخفاض معدل التحلل البيولوجي. رغم أن بعض من زيت البترول يمكن أن يزال أولا من خلال ميكانيزم تراكم وتجميع الزيت على البكتيريا وعلى المواد الصلبة العالقة الأخرى ثم الإزالة بالترسيب.

٨- الهضم اللاهوائي: (Anaerobic Digestion)

إن تراكم طبقات التجميع من الشحوم الصلبة أو الشبه صلبة وخاصة مع الشعر وبعض المواد الأخرى أحدث إنسداد في المفاعلات اللاهوائية وذلك في حالة عدم التسخين أو الخلط. كذلك فإن الزيوت السائلة تتجمع على السطح بينما السائل المعالج يتم سحبه من أسفل السطح. هذه الطبقة المتجمدة تقلل من طاقة المفاعل اللاهوائي. ولكن حديثا أمكن توفير تصميمات توفر الخلط والتسخين بما يعمل على اسراع عملية الهضم اللاهوائي. بعض الزيوت عند تمام تشتتها فإنها تتحول إلى غاز الميثان. على الجانب الآخر فإن زيت البترول (الهيدروكربونات) لا يتم تحللها إطلاقا في المجال اللاهوائي.

٩- سحب المياه: (Dewatering)

كما وجد أن الزيوت والشحوم تسبب مشاكل وإعاقة في عمليات سحب المياه للحماة الطازجة أو المعالجة (Digested). فمثلا كانت الزيوت والشحوم السبب في

إنسداد المرشحات بسبب أن جزء من الزيوت والشحوم ليس فى الشكل الصلب أو شبه الصلب بفصل من الحمأة الصلب ليصبح جزء من السائل الناتج، ولذلك يعاد إلى المعالجة.

١٠- تقنيات المعالجة المسبقة:

الزيوت والشحوم الحرة - والتي لم تستحلب - لا تمثل مشكلة كبيرة بالنسبة لإزالتها من الماء ذلك بسبب طفوها وتجمعها على السطح. عندئذ يمكن السحب الميكانيكى أو رفع الزيوت والشحوم من على السطح. ولكن الزيوت والشحوم المستحلبة نظرا لوجودها عالقة تسبب مشاكل لفصلها. طبيعى يجب إستعادة الزيوت والشحوم قريبا ما أمكن من المصدر، وهذا يقلل من حجم وحدات المعالجة كما يقلل من أماكن تجمع وتراكم الشحوم.

لتجنب الاستحلاب للزيت الحر والشحوم خلال عمليات التقليب، فإنه يتم تجنب الضخ الزائد ما أمكن ذلك. كذلك تخفيف المخلفات المحتوية على الزيوت والشحوم بأخرى غير محتوية على الشحوم وكذلك الحصول على أقصى مكث فى نظام الإزالة.

معالجة الزيوت والشحوم يمكن تصنيفها إلى معالجة المرحلة الأولى ومعالجة المرحلة الثانية.

معالجة المرحلة الأولى تستخدم لفصل الزيوت والشحوم الطافية من الماء والمواد المستحلبة، وذلك بالسماح للزيوت والشحوم بالطفو الحر على سطح السائل بسبب الاختلاف فى الكثافة. بهذه الطريقة يمكن إزالة الشحوم والزيوت مستحلبة. وتتوقف كفاءة التصميم على التصميم الهيدروليكي المناسب، زمن المكث لمياه الصرف، مع الأخذ فى الاعتبار درجة الحرارة والكثافة النوعية لمياه الصرف والزيوت والشحوم.

أبسط أشكال معالجة المرحلة الأولى هي مصيدة الشحوم المستخدمة في المنشآت الصغيرة مثل المطاعم، الفنادق، محطات الخدمة. توضع هذه المصيدة في نظام الصرف لجمع الزيوت والشحوم حيث تكون ما بين شبكة الصرف ومصدر إنتاج المخلفات (مثل المطابخ)، كما تكون في موقع يمكن من النظافة والصيانة. يجب أن تكون المسافة بين الدخول والخروج من المصيدة كافية لتسمح بالفصل بفعل الجاذبية وبما لايسمح للشحوم بالهروب خلال المخرج. يتم توفير عوائق (Baffles) التحكم في التدفق وكذلك ضرورة وجود محابس التحكم في التدفق على جانب الدخول في حالة المصائد الصغيرة للحماية ضد زيادة التحميل بسبب الإضطراب (Surges) المفاجئ في مياه الصرف.

في بعض الحالات عندما تكون مخلفات الشحوم ساخنة فإنه يكون من المفيد وضع المصيدة أقرب ما يمكن من المصدر. في حالات أخرى تكون إزالة الشحوم الباردة أكثر سهولة وأكثر تأثيرا. يمكن خفض حجم الوحدة وذلك باستمرار الإزالة لطبقة الشحوم المتدفقة قبل أن تبرد وتتصلب.

أجهزة فصل الزيوت والشحوم الصغيرة يقدر حجمها بالنسبة لطاقة حجز الشحوم بالرطل بما يساوى ما لا يقل عن ضعف معدل التدفق بالجالون في الدقيقة. ولكن الزيادة القليلة في الحجم للمصيدة تكون إقتصادية حيث أنها تتطلب صيانة أقل. مهما كان حجم مصيدة الزيوت والشحوم فإنها يجب أن تعمل بانتظام وبما لايسمح للشحوم بالهروب. من الناحية العملية تجرى النظافة عند إمتلاء ٧٥% من طاقة المكث للوحدة بالشحوم المتراكمة.

تضع المصائد التجارية من الحديد الزهر أو من الصوف الزجاجي يكون المدخل والمخرج مغمورين ومجهزين بعوائق (Baffled). هذه المصائد التجارية من

الناحية العملية لايتم تنظيفها، حيث تستخدم المصائد التي تعمل كخزان تحليل والتي توفر طاقة تخزين أكبر. هذه الخزانات (المصائد) تكون في موقع قريب خارج المبنى، وإن كانت الخبرة تجيز التنظيف أحيانا.

قد تشترط قوانين صرف المخلفات إنشاء مصائد في الجراجات، وفي ورش الماكينات، المطاعم، منشآت التنظيف، والأنشطة المماثلة. الجازولين والزيوت الخفيفة الناتجة من الجراجات ومحلات النظافة الجافة لايتم صرفها في شبكة الصرف بسبب ما تحدثه هذه المواد من حرائق واحتمالات مخاطر الانفجارات.

تجهيزات المرحلة الأولى ذات الحجم الكبير يمكن أن تستخدم لمخلفات الصرف من مصانع الصناعات الغذائية والمعلبات. مصائد حجز الشحوم تستخدم على نطاق واسع في الصناعات الغذائية لإستعادة الدهون وإعادة إستخدامها.

المصائد الضخمة يمكن أن تعمل بالنظام المرحلي أو بالتدفق المستمر وذلك طبقا لحجم ونوع المخلفات المطلوب معالجتها.

في حالة وجود إستحلاب للزيوت والشحوم فإن عملية الإزالة هي الفصل بالجاذبية ثم وحدة المرحلة الثانية باستخدام عدة طرق لتكسير مستحلب الزيوت والدهون الذي يمر خلال وحدة المرحلة الأولى. توجد طرق مختلفة لتكسير مستحلب الزيوت والدهون وهي الطرق الكيماوية، الكهربائية، الطبيعية والبيولوجية. أكثر الطرق استخداما هي الطرق الكيماوية جنبا إلى جنب مع إستخدام الإزالة الطبيعية مثل الطفو.

١١- المعالجة الكيماوية للمستحلب:

تستخدم المعالجة الكيماوية للمستحلب لتوفير عدم الثبات (Destabilizing) لانتشار الزيت أو لتدمير أى عامل استحلاب موجود. تتكون العملية أساسا بالخلط

السريع لمادة الترويب الكيماوية مع مياه الصرف، يلي ذلك التزغيب ثم الطفو أو الترسيب. تستخدم كيماويات متعددة فى عملية إزالة الاستحلاب وهى أملاح الترويب، الأحماض، الأحماض زائد الحرارة، مساعدات الترويب من البولوى إليكتروليت العضوى. إن استخدام الترويب بأملاح الالومينيوم والحديد مؤثر فى إزالة الاستحلاب مخلفات الزيوت، ولكن الحماة المترسبة يكون من الصعب سحب المياه منها، بالإضافة إلى أن حجم الحماة المنتجة والتخلص منها يسبب مشكلة. وعند استخدام الحامض لتكسير المستحلب فإنها تكون عملية مكلفة حيث أن المياه الرائقة المنتجة يجب معادلتها بقلوى قبل الصرف على شبكة الصرف الصحى. إضافة كميات كبيرة من الأملاح الغير عضوية قد يسبب مشكلة تلوث نتيجة زيادة المحتوى من الأملاح المذابة. بعض مواد العضوية من البولوى إليكتروليت ذات التأثير الكبير فى إزالة الاستحلاب للزيوت والشحوم هى كذلك مكلفة.

بعد الإضافات الكيماوية لتكسير مستحلب الزيوت والشحوم، فإن الزيت والشحوم الحرة يتم إزالتها عادة وتركيزها بطريقة طبيعية. أكثر الطرق الطبيعية استخداما هى طريقة الطفو شكل (٥/١٤). وهى تتكون من إضافة الهواء إلى تدفقات مياه الصرف تحت الضغط باستخدام طلمبة ثم تفريغ التدفقات المحملة بالهواء إلى الضغط الجوى فى خزان الزيوت وحبوبات المواد الصلبة الصغيرة لتلتصق بفقااعات الهواء الصغيرة، وتطفو على السطح حيث يتم كشطها.

فى الطفو باستخدام الهواء المذاب تستخدم طريقتين وهما الضغط المباشر والضغط للتدوير. إعتبارات التصميم والتشغيل تشمل النسبة ما بين الهواء إلى المواد الصلبة (الزيت) واختصارها هو (A / S)، ضغط التشغيل للتدفق المباشر أو التدفق للتدوير، معدل التدفق للسائل المضغوط. معدل تدفق السائل الداخلى إلى السعالجة.

المعادلتين التاليتين تستخدم لتعيين نسبة الهواء إلى الصلب (A/S):

• ضغط التدوير (Recycle Pressurization)

$$\frac{A}{S} = \frac{1.3 A_s (fP - 1) R}{Q S_a}$$

• الضغط المباشر Direct Pressurization

$$\frac{A}{S} = \frac{1.3 A_s (fP - 1)}{S_a}$$

حيث:

S_a = تركيز المواد الصلبة أو الزيوت والشحوم في المياه الداخلة للمعالجة

بالجرام/لتر.

A_s = تركيز الهواء سم³/لتر.

R = معدل تدفق للسائل المضغوط متر مكعب/اليوم.

Q = معدل التدفق للسائل الداخل متر مكعب/اليوم.

P = ضغط التشغيل (المطلق) مقاس في الضغط الجوي.

f = جزء الهواء المذاب عند ضغط P .

النسبة المقبولة (A/S) للتطبيق الناجح للطفو بالهواء لإزالة الزيت والشحم تتوقف على التركيز وخواص الزيت والشحم في المياه الداخلة للمعالجة. يمكن استخدام خلية طفو في المعمل لتعيين أفضل نسبة (A/S). التغير في تركيز المياه الداخلة سيغير نسبة (A/S). يجب على القائم بالتشغيل إعادة ضبط هذه النسبة بتغيير معدل تدفق التدوير، ضغط التشغيل أو كلاهما، وذلك للمحافظة على أقصى كفاءة للعملية.

النسبة (A/S) التي يمكن إستخدامها للطفو هي ٠,٠١ إلى ٠,٠٢ في الدراسات المعملية حيث أقصى إزالة للمواد الصلبة العالقة عند قيمة (A/S) هي ٠,٠٣ - ٠,٠٥ - الزيادة في هذه النسبة تسبب الزيادة في سرعة إرتفاع الفقاعات بما ينتج عنه تدمير التجمعات والطفو بسبب تأثير القص الناتج عن الإضطراب.

التدفق السطحي أو التحميل السطحي هو كذلك معيار تصميمي حيث نقل كفاءة المعالجة بالطفو مع زيادة معدل التدفق أو التحميل السطحي. من الناحية العملية تكون معدلات التحميل السطحي (شاملا التدوير) من ٠,٧ إلى ٢,٧ لتر على المتر المربع في الثانية.

١٢- التطبيقات:

المكونات الرئيسية لوحدة الطفو بالهواء المذاب تشمل طلمبة الضغط، حوض المكث (Retention Tank)، محبس خفض الضغط، معدة حقن الهواء، حوض للطفو شكل (٥/١٢). يمكن إزالة المواد ذات الكثافة النوعية المنخفضة بالضغط الجزئي لتدفقات الصرف. عند استخدام إضافات كيميائية للمساعدة في تكوين الزغبات فإنه يستخدم ضغط الهواء مع تدوير المياه الخارجة بالضغط، حيث يحدث الترغيب قبل الطفو شكل (٥/١٣). يضاف الهواء المضغوط إلى تدفقات مياه الصرف الداخلة تحت ضغط من ١٧٠ إلى ٣٤٠ كيلو نيوتن على المتر المربع (KN / M^2)، (٢٥ - ٥٠ رطل/البوصة المربعة / الجالون)، ثم المكث للتدفق في حوض الحجز لإعطاء الوقت للهواء ليذوب في مياه الصرف وهذا يتطلب عدة دقائق. ثم تتدفق مياه الصرف خلال محبس خفض الضغط إلى حوض الطفو عند الضغط المنخفض يتحرر الهواء من مياه الصرف في شكل فقاعات. أحواض الطفو تكون عادة في شكل إسطوانى أو في شكل مستطيل. عمق مياه الصرف يتراوح ما بين ١-٣ متر. أول وحدة الطفو بالهواء المذاب كان بمعدل ١.١ متر مكعب في الثانية. في

دراسات تجريبية لوحدة الطفو (Pilot Studies) كانت إزالة المواد العالقة بالهواء المذاب ما بين ٦٢% بدون إضافة كيماويات إلى ٩٠% عند إضافة الشبه (٠,٠٩ ملجرام/لتر لكل ملجرام من إجمالي المواد العالقة (مواد صلبة وزيت وشحوم) فى المياه الداخلة.

إضافة البوليمر وجد أنها أقل تأثير من إضافة الشبه. زيادة نسبة التدوير من ٢٠-١٢٠% ينتج عنه زيادة فى الإزالة بنسبة ١٠ إلى ٧٨%. أقصى نسبة الهواء إلى المواد الصلبة (A/S) وجد أنها ٠,٠٥.

فى أحد الاختبارات الميدانية لوحدة الطفو وجد أن نسبة الإزالة للمواد العالقة تتراوح ما بين ٧٠ - ٧٥% عند إضافة جرعة مروب من الشبه من ٧٥ - ٢٢٥ ملجرام/لتر ثم زادت نسبة الإزالة إلى ٨٠-٨٧% عند جرعة مروبات من الشبه من ١٠٠ إلى ٢٥٠ ملجرام/لتر. وذلك مع ضبط الرقم الهيدروجينى. معدل التدفق كان ١,٣ - ١,٨ لتر على المتر المربع فى الثانية (١,٩ إلى ٢,٧ جالون/القدم المربع / الدقيقة). وزمن المكث إختلف ما بين ١١ إلى ٢٢ دقيقة. ثم ضبط الرقم الهيدروجينى بإضافة حامض، فى هذه الدراسة إنخفض الحمل العضوى من ٤٥ ملجرام/لتر إلى ٥ ملجرام/لتر (BOD).

١٣- الطرق الطبيعية لتكسير المستحلب:

الطرق الطبيعية المستخدمة لتكسير المستحلب تشمل التسخين، الطرد المركزى، الترشيح.

الطرد المركزى يكسر مستحلبات الزيت بفصل مجالى الزيت والماء بقوة الطرد المركزى. تستخدم طريقة الطرد المركزى فى الحماة الزيتية وهى لاتستخدم فى معالجة مياه الصرف ذات المحتوى المخفف من الزيت إلا فى حالة الأحجام

الصغيرة. إستخدام الترشيح كذلك مع بعض النجاحات حيث استخدام الترشيح الرملى بالمعدل العالى. قبل الإزالة بالجازبية يلزم إضافة مواد السـترويب، وهذه المروبات تقيد فى وجود جسيمات كبيرة والتي تحتضن الحبيبات الزيتية كملوثات تجمعات أكبر بما يكفى لإزالتها بالترسيب.

إستخدم فى الماضى عمليات إزالة الاستحلاب الكهربائية. حيث يتم إزالة الزيت والشحم بتمرير تيار كهربائى خلال مياه الصرف التى تتدفق فى عدد من المواسير. ينفصل الزيت ويتجمع عند الأنود. هذه الطريقة الكهربائية قابلة للتنفيذ أساسا للمستحليات المحتوية على كميات كبيرة من الزيت وكميات صغيرة من الماء.

الصناعات التى تقوم بالصرف على المسطحات المائية للمياه المعالجة بيولوجيا والمحتوية على زيوت نباتية وحيوانية مشتته باستخدام الحماة المنشطة أو الأحواض المهور. حيث ثبت أن هذه المعالجات هى المفضلة لمعالجة مياه الصرف لصناعات تكرير الزيوت الغذائية.

ثالثا إزالة الزيت من مياه الإنتاج فى حقول البترول:

١- العوامل المؤثرة على تشتت وثبات زيت البترول:

زيت البترول الخام يمكن أن يتفتت إلى نقاط صغيرة وينتشر فى الماء. الطاقة الميكانيكية تتوقف إلى حد كبير على الشد ما بين السطحى لكل من الزيت والماء، وهى القوة اللازمة لقص حد الزيت/الماء والتي تقاس بالدائين/سم.

خام زيت البترول لا يوجد فى الحالة النقية إطلاقا حيث يمكن أن يحتوى على عديد من المواد والتي هى ليست هيدروكربونات بسيطة. بعض المكونات تحتوى على ذرات أكسجين ونيتروجين فى تركيبها الجزيئى والذى يعطيها الرغبة للماء (Affinity For Water). ما يسمى المجموعات القطبية (Polar Groups) تعمل كعوامل نشاط سطحي (Surfactants) حيث تخفض كلا من الجذب السطحي الواقع بين السطحين، والذى يعمل على سهولة الخلط المتبادل للزيت والماء.

طبقا لطبيعة مادة النشاط السطحي الموجودة وإلى حد ما النسبة الحجمية للسوائل الرئيسية، فإن زيت البترول الخام والماء يمكن أن يكون مستحلبات الماء فى الزيت أو الزيت فى الماء. معظم المستحلبات الطبيعية للزيت الخام هى من نوع مستحلبات الماء فى الزيت، حيث يكون الماء هو المجال الداخلى المشئت. عدد محدود فقط من زيوت خام البترول هى التى تنتج العكس وهو الزيت فى الماء. وهذه يمكن أن يكون من الصعب تكسيروها والمياه المنتجة التى تفصل عادة تحتفظ بكميات كبيرة من الزيت المنتشر.

بعض مستحلبات الزيت الخام تتكون من الزيوت المنتشرة فى نقاط الماء والتي بدورها تنتشر فى الزيت، المجال الخارجى المستمر يكون زيت فى الماء فى الزيت. مثل هذه المستحلبات المعقدة ربما تحدث طبيعيا إلى حد ما وذلك فى آبار

الإنتاج التى تعالج بمثبطات تأكل ذات الاساس من الأمين (Amine) والتى تنشئت فى الماء. كذلك فإن الكيماويات التى تضاف لتكسير المستطلب للماء فى الزيت فى المجال الحقلى يمكن أن تقلل من الجذب السطحي بين الزيت والماء. كذلك فإن طلمبات الطرد المركزى التى تعمل بسرعات عالية يمكن أن تعمل على التجانس وتثبيت الزيت فى تشتيت الماء. كذلك فإن تصادمت السائل عند الإنثناء الحادة فى خط المواسير والطرطشة داخل الخزانات السطحية لها نفس التأثير.

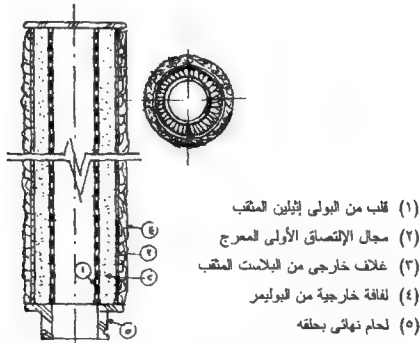
٢- إزالة الزيت والأجسام الصلبة الزيتية بالإلتصاق والإلتصاق:

Removal of Oil and Oily Solids by Coalescence

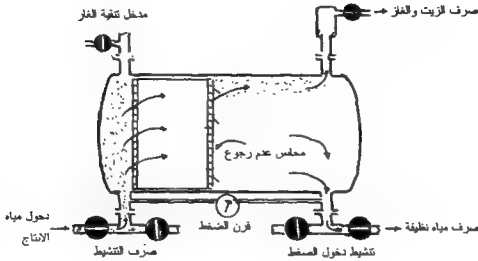
بعض أجهزة الإلتصاق ليست سوى أحواض مجهزة بعوائق داخلية التى تعكس الاتجاه عدة مرات للمساعدة فى فصل الزيوت المحتجزة. البعض الآخر يستخدم مجال مفكك للإلتصاق مثل الرمل الخشن أو حبيبات الكربون والتى تعمل على الحجز المؤقت وتركيز نقاط الزيت إلى الأحجام الأكبر التى تنفصل بسرعة. المجالات الحبيبية كعامل التصادق تكون معرضة لتراكمات العفن نتيجة تجميع المواد الزيتية الصلبة بنفس طريقة الوسط الترشيحي.

نقاط الزيت المحتجزة الصغيرة جدا من حيث الارتفاع بسرعة للفصل بالجاذبية يمكن أن تلتصق إلى حبيبات أكبر بالمرور خلال مجال من البلاستيك الذى يبتل بلزيت (Oleophilic - Oil Watable) مثل الرغاوى الأسفنجية (Foam) أو المنسوجات من البولي بروبيلين أو البولي يوريثان أحد هذه النماذج موضح فى الشكل (١٠/٧). عند الاستخدام يتدفق الماء الزيتى إلى داخل الخرطوشة ويخرج من خلال الجدران حيث يحدث الإلتصاق، يستخدم عدد من الخرطوش فى مكان واحد لتدلول أحجام ضخمة من الماء. مجال البلاستيك الأسفنجى للإلتصاق يمكن أن يعالج مياه الإنتاج التى تحتوى على قليل أو لا تحتوى على مواد صلبة مبتلة ولكن

تراكم العفن بالمواد الزيتية الصلبة عادة يكون مشكلة. جهاز الفصل بالأسفنج الذى يبتل بالزيت (Oleophilic Foam) المصمم لإزالة كلا من الزيت والمواد الصلبة المبتلة بالزيت موضح فى الشكل (١٠/٨). الزيت الخفيف الملتصق يتحرك خلال كتلة البلاستيك الأسفنجى (Foam Pack) حيث يسحب ألبا إلى الخارج. الزيوت الثقيلة، شمع البارافين، والمواد الصلبة الزيتية تحتجز فى جسم كتلة البلاستيك الأسفنجى بعمليات الادمصاص، الالتصاق، والحجز. مع حدوث الإنسداد فى كتلة البلاستيك الغروى الأسفنجى، يزداد الفقد فى الضغط والذى ينبه ويثير دورة التنشيط الآلية. أثناء التنشيط، إتجاه تدفق الماء ينعكس لفعل محابس عدم الرجوع وضغط كتلة الأسفنج يتدفق الماء من الأمام ومن الخلف وذلك لضغط واستقرار الأسفنج على التوالى. يتم بعد ذلك غسيل كتلة الفوم بالماء بعد تفككها بالغاز ثم دخولها الخدمة. عوامل الإلتصاق بالفوم المنضغط استخدمت فى صناعة البترول منذ عام ١٩٨١.



شكل (١٠/٧) مرشح الخرطوشة لالتصاق للزيت (مسائل/مسائل)



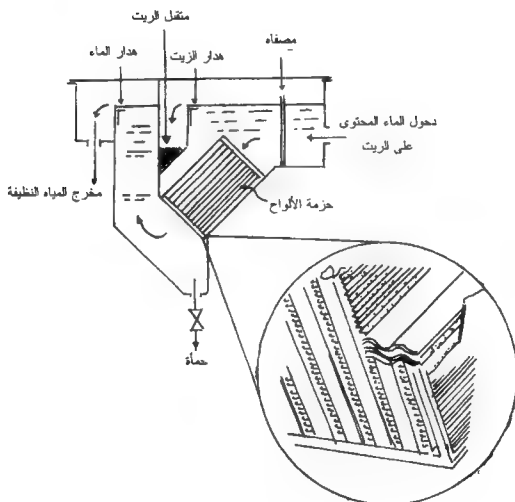
شكل (١٠/٨) فصل الزيت عن الماء باستخدام البلاستيك المطاط (الفوم)

٣- أجهزة الفصل ذات المسار القصير Short Path Separators

في حالة الثبات، يميل الجسم المحجوز في الماء للصعود أو الهبوط بمعدل ثابت يسمى السرعة الإنتهائية أو النهائية. لذلك فإن زمن الفصل يتوقف على طول المسار الذي يجب أن يقطعه الجسم المحجوز للوصول إما إلى سطح السائل أو إلى قاع الخزان. في أحواض الترسيب العادية أو أحواض الحجز يكون متوسط العمق لا يقل عن ١ إلى ٢ متر. جسم بحجم ١٠ مليمكرون من مادة الطفلة كثافته ٢,٧ جرام/سم^٣ يلزم له أكثر من ثلاث ساعات ليصل إلى قاع الحوض بمسار واحد متر.

أجهزة الفصل ذات المسار القصير توفر منظومة من الألواح المتوازية أو الأنابيب المتوازية ذات القطر الصغير والقريبة من بعضها حيث تمر المياه من خلالها بدون أى اضطراب خلال هذه المساحات المحدودة فإن كل النقاط وحبيبات الحمأة لها فقط مسافة قصيرة (عادة ٤ إلى ١٠ سم) لتصعد أو لترسب لتصل إلى

سطح صلب حيث تتركز توجد أجهزة الفصل بالألواح المائلة والمتوازية بتصميمات ميكانيكية مختلفة. كما توجد أجهزة فصل الزيت بالألواح المائلة والمتعرجة كما فى الشكل (١٠/٩). مميزات هذه الأجهزة أنها توفر الفصل بالتدفق خلال زمن قدره ١٥-٢٠ دقيقة، وهى نفس درجة الفصل التى يتم الحصول عليها فى حوض ترسيب كبير خلال ساعتين. وهذه لاتزيل الزيوت المستحلبة بدون إضافة كيماويات إزالة الاستحلاب.



الشكل النهائى لحزمة الألواح المتعرجة

شكل (١٠/٩) عناصر جهاز الفصل بالمسار القصير

٤ - الفصل بالطفو: (Separation by Flotation)

الطفو هو من التقنيات المستخدمة في حقول البترول لتنظيف ماء الإنتاج. مبدأ التشغيل يتوقف على زيادة الطفو للزيوت والمواد الصلبة المحتجزة بالالتصاق بفقااعات الغاز.

فقااعات الغاز يتم إنتاجها بواسطة (١) تسليط الضغط على الماء الذى سبق تغذيته بغاز مذاب (٢) بالثبوت الميكانيكى للغاز فى الماء فى شكل دقيق جدا. الطريقة الأخيرة تسمى الطفو بالرغاوى أو الزبد وهى تستخدم على نطاق واسع فى عمليات إنتاج البترول.

الفصل الحادى عشر

الملاحق

- (أ) الإختبارات لمياه الصرف الصناعى
- (ب) معايير الصرف للمخلفات على المسطحات المائية
- (ج) التقييم لنتائج الرصد والتحليل ومتطلبات المعالجة المسبقة والميزان المادى
- (د) القواعد التصميمية لتكنولوجيا المعالجة الكهروكيميائية لمياه الصرف الصناعى
- (هـ) الكيماويات المستخدمة فى المعالجة الكيماوية للمياه
- (و) الإدمصاص بالكربون المنشط
- (ز) عمليات الغشاء

ملحق (أ) الاختبارات لمياه الصرف الصناعي

قبل البدء في عمليات المعالجة المسبقة أو الأولية أو النهائية فإنه يكون من الضروري التعرف على مكونات مياه الصرف وذلك بعمل الاختبارات اللازمة وكذلك يلزم معرفة معايير الصرف للمياه المعالجة على المسطحات المائية أو على شبكة الصرف الصحي أو لاستعمالات أخرى.

اختبارات مياه الصرف وأخذ العينات:

الاختبارات الطبيعية

الاختبارات الكيميائية

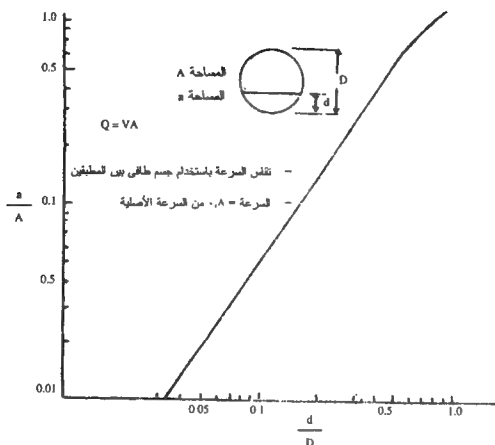
الاختبارات البيولوجية

الخطوة الأولى لاختبار مياه الصرف هو بأخذ العينات للاختبار. كل العينات التي يتم جمعها تحفظ في مكان بارد حتى لا تتأثر بالأنشطة البكتيرية قبل الاختبار. يتم وضع بيان عن تاريخ ووقت جمع كل عينة، المصدر، التاريخ، مادة الحفظ المضافة، القائم بعملية أخذ العينة.

الجدول التالى يوضح البيئات اللازمة لحفظ وتداول العينات لعمل الاختبارات

التحاليل المطلوبة	مادة وعاء حفظ العينة	مواد الحفظ ودرجة الحرارة	أقصى مدة زمنية للحفظ
الأملاح الكلية المذابة	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤°م	٧ يوم
المواد الصلبة العالقة	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤°م	٧ يوم
المواد الصلبة المتطايرة	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤°م	٧ يوم
الأكسجين الحوى BOD	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤°م	٤٨ ساعة
الأكسجين الكيماوى COD	زجاج-بولى إيثيلين	يضاف حامض الكبريتيك حتى (pH-2) عند ٤°م	٢٨ يوم
الأكسجين المذاب	زجاج	يعين فى الموقع	لا زمن للحفظ
نيتروجين الأمونيا	زجاج-بولى إيثيلين	يضاف حامض الكبريتيك حتى رقم هيدروجينى أقل من ٢ عند ٤°م	٢٨ يوم
نيتروجين النترات، النيتريت	زجاج-بولى إيثيلين	يضاف حامض الكبريتيك حتى رقم هيدروجينى أقل من ٢ عند ٤°م	٢٨ يوم
الزيوت والشحوم	زجاج	يضاف حامض الكبريتيك حتى رقم هيدروجينى أقل من ٢ عند ٤°م	٢٨ يوم
كربون عضوى	زجاج-بولى إيثيلين	يضاف حامض الكبريتيك حتى رقم هيدروجينى أقل من ٢ عند ٤°م	٢٨ يوم
الرقم الهيدروجينى	زجاج-بولى إيثيلين	يعين فى الموقع	---
الفينولات	زجاج	يضاف حامض الكبريتيك حتى رقم هيدروجينى أقل من ٢ عند درجة حرارة	٢٨ يوم
التوصيل الكهربى	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤°م	٢٨ يوم
الكبريتات	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤°م	٢٨ يوم
الرائحة	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤°م	٧ يوم
المكارة	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤°م	٤٨ ساعة
اللون	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤°م	٤٨ ساعة

لقياس معدل تدفق سوائل الصرف فى خطوط المواسير شكل (أ/١)



شكل (١/١) تعيين التدفق فى الماسورة الممتلئة جزئيا ذات المقطع الثابت

درجة الحرارة

تقاس درجة حرارة مياه الصرف باستخدام الترمومترات العادية. يستفاد بقياس درجات الحرارة فى تعيين درجة التشبع بالمواد الصلبة المذابة والغازات المذابة فى الماء. وكذلك معدلات الأنشطة البيولوجية والكيميائية حيث تزداد مع ارتفاع درجات الحرارة بينما تكون ساكنة عند انخفاض درجات الحرارة. يجب أن يكون ترمومتر القياس قادر على قراءة حتى ٠,١ م.

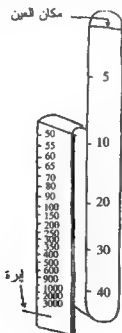
لقياس درجة الحرارة أعلا من ١٠٠ م كما فى حالة المفاعلات والغلايات يستخدم التيرموكابل (Thermocouple).

العكارة:

تكون العكارة بسبب المواد الصلبة العالقة والمواد الهلامية وتقيم العكارة بالجزء فى المليون أو بالملجرام فى اللتر. وحدة القياس للعكارة هى العكارة الناتجة عن ملجرام من السيليكا فى لتر ماء. أو بمعنى آخرى هى العكارة الناتجة عن جزء من السيليكا المطحونة صغيرة الحبيبات فى مليون جزء من الماء المقطر. تعين العكارة فى عينة الماء بالطرق الآتية:

باستخدام عامود أو شريط العكارة (Turbidity Rod or Tape)

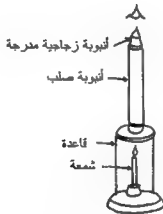
عامود العكارة عبارة عن عامود مدرج من الألومنيوم أو من الصلب، مثبت فى نهايته السفلى إبرة من البلاتين شكل (أ/٢). تكون العين عند النهاية العليا للعامود حيث توجد علامة توضح موضع العين مع وجود العين فى المكان المعين باستمرار وملاحظة الإبرة، يغمر العامود فى الماء. يتم إستمرار غمر العامود المدرج فى الماء مع استمرار ملاحظة الإبرة حتى إختفاء الإبرة من رؤية العين بسبب عكارة الماء. عندئذ يتم قراءة التدرج على العامود عند مستوى سطح الماء. العامود مدرج لإعطاء قراءة مباشرة للعكارة بالجزء فى المليون.



شكل (أ/٢) شريط قياس العكارة

جهاز جاكسون لقياس العكارة: (Jackson's Turbidimeter) شكل (١/٣)

يستخدم هذا الجهاز لقياس العكارة أكثر من ٥٠ جزء فى المليون. يتكون الجهاز من قاعدة معدنية ووعاء معدنى لأنبوبة مدرجة. تستخدم الشمعة القياسية أو البصيلة القياسية كمصدر للضوء. مصدر الضوء يوضع على مسافة معينة من قاع الوعاء المعدنى. لقياس عكارة الماء، فإنه يتم صب الماء ببطئ فى الأنبوبة المدرجة مع استمرار رؤية ضوء الشمعة القياسية أو البصيلة القياسية من أعلا خلال الماء عند الوصول إلى مرحلة إختفاء مصدر الضوء عن النظر، يتم التوقف عن صب الماء وأخذ الأنبوبة القياسية المدرجة لإعطاء قراءة مباشرة. القراءة عند مستوى الماء فى الأنبوبة الزجاجية تكون هى مقياس لعكارة الماء شكل (١/٣). كما توجد أجهزة أخرى لقياس العكارة.



شكل (١/٣) جهاز جاكسون لقياس العكارة

الاختبارات الكيميائية:

تجرى الاختبارات الكيميائية طبقا لمصدر مياه الصرف ونوع الملوثات وهى

تشمل عموما الآتى:

- المواد الصلبة الكلية - المتطايرة، العالقة.

- الأكسجين الحيوى المطلوب (Biological Oxygen - BOD).

- الأكسجين الكيماوى المطلوب (Chemical Oxygen - COD).

- السمية.

- الرقم الهيدروجينى.

- الأملاح المذابة.

طرق تعيين المواد الصلبة الكلية والمتطايرة:

يؤخذ حجم معلوم من عينة مياه الصرف مخلوطة جيداً فى طبق الحرق.

يتم التسخين حتى ثبات الوزن W_1

يتم تبخير العينة حتى الجفاف عند 103°C لمدة ٢٤ ساعة.

يتم التبريد فى المجفف ثم للوزن W_2

يتم الحرق عند 600°C لمدة ٣٠ دقيقة فى فرن الحرق.

يتم التبريد فى المجفف وتسجيل الوزن النهائى (W_3)

المواد الصلبة الكلية والمواد الصلبة المتطايرة يتم حسابها كالاتى:

$$\text{المواد الصلبة الكلية} = \frac{100 \times (W_2 - W_1)}{\text{حجم العينة سم}^3} = \text{ملجرام/لتر.}$$

حيث الأوزان W_1, W_2, W_3 يتم تسجيلها بالملجرام / لتر.

اختبار القنينة لتعيين جرعة المروب (Jar Test) شكل (١/٤)

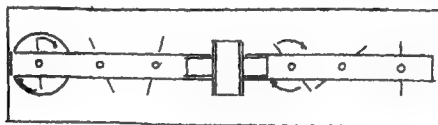
إن أفضل اختبار لتعيين جرعة المروب ولتعيين أفضل الظروف للترويب هو

إختبار القنينة. إختبار القنينة وإن كان يتم بطريقة معملية إلا أنه يمثل الواقع. يتكون

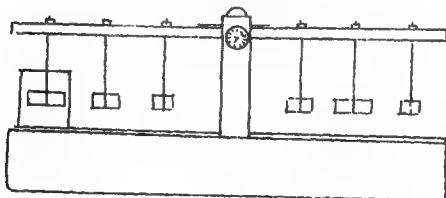
إختبار القنينة شكل (١/٤) من قاعدة مضاءة معلق عليها عدة أزراع للخلط، عادة

سنة أزراع متصلين بعمود إدارة واحد. يمكن تغيير سرعة الخلط لمحاكاة كلا من

الخلط السريع وعمليات الترويب. الترويب يتم محاكاته بإيقاف أزرع التقليل. ففى إختبار القنينة يستخدم حتى ستة عينات منفصلة من مياه الصرف فى الجهاز. يتم تشغيل المحرك حيث تدور ريش التقليل بسرعة تقابل سرعة الخلط السريع لمحطة المعالجة الجارى محاكاتها. يستمر الخلط السريع. تضاف التركيزات المقترحة للمروب إلى القنينات المنفصلة (عادة عند بدء الاختبار). بعد تمام محاكاة الخلط السريع. يتم تبطئ القلابات لمحاكاة أزرع تقليل المترغب. تكون الفترة الزمنية هى كذلك اللازمة للمرور خلال المزغبات (Flocculator). بعد تمام المرحلة، يتم إيقاف القلابات حيث تعطى الفرصة الزمنية لمدة ١٠ - ٣٠ دقيقة لرسوب الخليط أو لأى فترة زمنية لازمة للترسيب. تتم الملاحظ النظرية لخواص الترسيب لكل جرعة. يمكن إختبار المياه الرائقة فوق الراسب بالنسبة للعكارة واللون أو أى قياسات خاصة بإزالة المواد العالقة. من هذه الملاحظات يمكن تعيين أفضل جرعة يمكن استخدامها.



منظر علوى



منظر جانبى

شكل (١/٤) إختبار القنينة

اختبار الأكسجين المذاب:

الأكسجين الموجود فى عينة الماء يؤكسد المنجنيز ثنائى التكافؤ إلى التكافؤ الأعلى والذى يرسب كأكسيد مائى بنى وذلك بعد إضافة إيدروكسيد الصوديوم وأيوديد البوتاسيوم (KI). مع إضافة حامض المنجنيز على التكافؤ يتحول إلى الثنائى حيث ينطلق اليود من أيوديد البوتاسيوم الذى يعادل الأكسجين المذاب فى الماء. يتم معايرة اليود الحر بواسطة $(Na_2 S_2 O_3 - N/80)$ باستخدام النشا ككاشف. يلاحظ وجود تداخلات من أيون الحديدى، النيتريت، الكتل الميكروبية، المواد الصلبة العالقة بما يتطلب أن يؤخذ فى الاعتبار خفض هذه التداخلات.

الأكسجين الحيوى المطلوب (Biological Oxygen Demand - BOD)

وجود الأكسجين ضرورى لحياة الكائنات الحية الدقيقة. التحلل الهوائى للمواد العضوية يستمر مع وجود الأكسجين فى مياه الصرف، ومع نفاذ الأكسجين يبدأ التحلل اللاهوائى حيث يبدأ ظهور الرائحة المنفرة، لذلك فإن تحلل المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجى يحتاج إلى الأكسجين الذى تستخدمه الكائنات الحية الدقيقة الهوائية. مدة التحلل الهوائى تزداد بزيادة نسبة الأكسجين اللازمة للأكسدة البيولوجية للمواد القابلة للتحلل البيولوجى عند درجة حرارة معينة خلال فترة زمنية محددة. ينشط التحلل الهوائى بارتفاع درجة الحرارة ويقل بانخفاضها. لذلك فإنه يلزم تحديد درجة الحرارة والوقت أثناء إختبارات الأكسجين الحيوى المطلوب. لقد أثبتت الإختبارات أن التحلل الهوائى للمواد العضوية يتم فى مرحلتين، حيث يتم أولاً أكسدة المواد الكربونية، أما المواد العضوية النيتروجينية فإنها تتحلل فى المرحلة التالية.. فى المرحلة الأولى يكون الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD) حوالى ٩٠% من إجمالى الأكسجين الحيوى المطلوب. لهذا فإن الإهتمام يكون فقط

بالمرحلة الأولى والتي تستغرق فقط خمسة أيام ولذلك سمي الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD5).

إختبار الأكسجين الحيوى (BOD5)

الأكسدة الكاملة للمادة العضوية تستغرق ٢-٣ شهر ولكن خلال عشرة أيام يستنفذ حوالى ٩٠% من الأكسجين الحيوى، وبعد ذلك ينخفض معدل إستهلاك الأكسجين فى المعمل عادة يتم إختبار BOD خلال ٥ يوم حيث خلال هذه المدة يستنفذ ٧٠% من الأكسجين الحيوى.

لعمل الإختبار فإن عينة مياه الصرف الخالية من المواد الحافظة يتم تخفيفها فى الماء بنسبة ١:١٠٠ (أى جزء من مياه الصرف، ٩٩ جزء من الماء. الماء المستخدم فى التخفيف به أكسجين زائد ومذاب والذي يتم تحديده قبل التخفيف. يتم وضع العينة المخففة فى حضانة عند متوسط درجة حرارة ٢٠٠ م لمدة ٥ أيام. تعين كمية الأكسجين المذاب بعد التحضين. الفرق بين كمية الأكسجين الموجود فى الماء أولا وفى نهاية التحضين هى كمية الأكسجين الحيوى المطلوب لمياه الصرف أحيانا وللحصول على نتائج أكثر دقة فإنه يتم كذلك تحضين عينة من الماء المستخدم فى عمليه التخفيف فى نفس الحضانة جنباً إلى جنب مع مياه الصرف لمدة ٥ أيام. الإختلاف فى المحتوى من الأكسجين المذاب فى عينة ماء الصرف وماء التخفيف بعد التحضين هو الأكسجين الحيوى المطلوب لمياه الصرف.

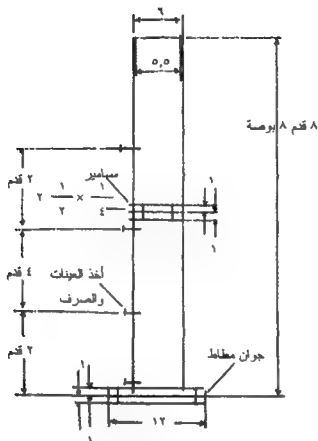
الأكسجين الكيماوى المطلوب (COD)

هذا الاختبار هو قياس للأكسجين المطلوب لأكسدة المواد العضوية التى تتأكسد بيولوجيا وتلك التى لا تتأكسد بيولوجيا (Refractory). تستغرق تجربة تعيين

الأكسجين الكيماوى المطلوب ٥ ساعات بخلاف تجربة تعيين الأكسجين الحيوى المطلوب والتي تستغرق ٥ أيام فى هذا الاختبار تتأكسد المادة العضوية تماما بواسطة مادة بوتاسيوم داي كروميت ($K_2Cr_2O_7$) فى وجود حامض الكبريتيك لإنتاج ثانى أكسيد الكربون والماء. وقد تستخدم فى أكسدة المواد العضوية كذلك مادة برمنجنات البوتاسيوم، حيث الزيادة فى برمنجنات البوتاسيوم المتبقية بعد التفاعل يتم معايرتها باستخدام $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$. المستهلك من الداى كروميت أو البرمنجنات بين الأكسجين اللازم للأكسدة الكيماوية لكل المواد العضوية الكربونية القابلة وغير القابلة للتحلل البيولوجى.

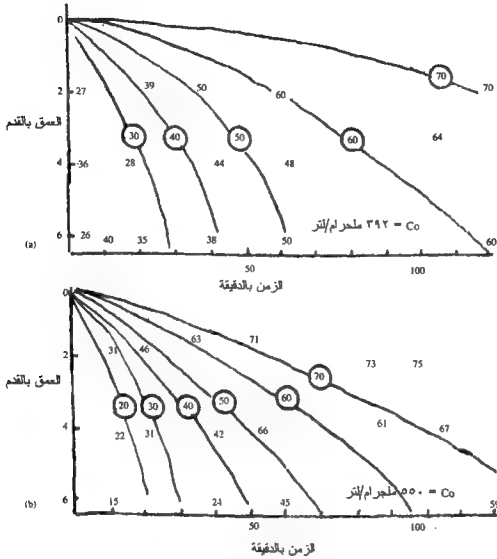
إختبار تعيين سرعة الترسيب والتحميل السطحي:

يتم الاختبار المعملى لدراسة الترسيب فى عامود من النوع الموضح فى الشكل (١/٥). أقل قطر للعامود ٥ بوصة (١٢,٧سم). يكون الصنبور بفواصل ٢ قدم من العمق. يجب أن يكون تركيز المواد الصلبة العالقة متجانس مع بدء الاختبار، دفع الهواء من قاع العامود لعدة دقائق يحقق هذا التجانس. من المهم كذلك ثبات درجة الحرارة أثناء فترة الاختبار لمنع حدوث تداخلات الترسيب بالتغيرات الحرارية. تعين المواد الصلبة العالقة من العينات التى يتم سحبها عند فترات زمنية معنية حتى ١٢٠ دقيقة. البيانات التى يتم جمعها من أعماق ٢ قدم، ٤ قدم، ٦ قدم تستخدم لتعيين العلاقة بين معدل الترسيب والوقت.



شكل (١/٥) عمود ترسيب مصلى لتقييم الترسيب

النتيجة المتحصل عليها يعبر عنها بنسبة الإزالة للمواد الصلبة العالقة عند كل صنبور والفترة الزمنية. يتم توقع هذه الإزالات مقابل الأعماق والأوقات كما هو موضح في الشكل (١/٥). يتم رسم منحنيات لتوصيل النقاط ذات الإزالة المتساوية. المنحنيات التي تم توقعها مثل أقصى ممر ترسيب للنسبة المئوية الموضحة، أي أن النسبة المئوية المحددة للمواد الصلبة العالقة سيكون لها ممر ترسيب مساوي أو أكبر عند الموضح، ولذلك سيتم إزالتها في حوض ترسيب مثالي لنفس العمق وزمن المكث. حساب الإزالة يمكن توضيحه من البيانات في الشكل (١/٦).



شكل (أ/٦) علاقات الترسيب للمروب

معدل التدفق السطحي V_o هو العمق المؤثر ٦ قدم مقسوما على الزمن اللازم لنسبة معطاء لترسب هذه المسافة. كل الحبيبات ذات سرعة ترسيب مساوية أو أكبر من V_o سوف تزال فى حوض ترسيب له معدل تدفق سطحي V_o . الأجسام ذات سرعة ترسيب أقل V_o سوف تزال بنسبة $\frac{V}{V_o}$. مثال بالإشارة إلى الشكل (أ - ٦/٦) عند زمن مكث ٦٠ دقيقة، عند عمق ترسيب ٦ قدم فإن $٦ = V_o$ قدم فى

الساعة، يزال ٥٠% من المواد الصلبة العالقة تماماً، أى أن ٥٠% من الأجسام لاسرعة ترسيب تساوى أو أكبر من ٦ قدم فى الساعة.

الجسيمات فى كل ١٠% إضافية ستزال بنسبة $\frac{V}{V_0}$ أو بنسبة متوسط عمق الترسيب إلى كل العمق ٦ قدم. متوسط العمق الذى تم عنده ترسيب ٥٠% - ٦٠ فى الشكل (١/٥) هو ٣,٦ قدم. نسبة الإزالة لهذا الجزء هى لذلك $\frac{3,6}{6}$ أو ٦٣% من الـ ١٠%. كل نسبة تالية يتم حسابها بنفس الطريقة.

إجمالى الإزالة للمواد الصلبة العالقة بنسبة ٦٢% تتم عند معدل تدفق سطحى ٦ قدم / الساعة = ١٠٨٠ جالون/اليوم. القدم المربع [٤٤ متر مكعب فى اليوم على المتر المربع] وعند زمن مكث ٦٠ دقيقة. بنفس الطريقة يمكن حساب مختلف نسب الإزالة، معدلات التدفق اللازمة لها، وزمن المكث.

نظراً لأن النتائج العملية تمثل حالة ترسيب مثالية، حيث يلزم أن يؤخذ فى الاعتبار عند التصميم تأثيرات الاضطراب، قصر المسافة، الفقد عند الدخول وعند الخروج. النتيجة النهائية لهذه العوامل هو خفض معدل التدفق وزيادة زمن المكث عن نتائج الاختبار المعملى. كقاعدة عامة يتم خفض معدل التدفق بمعامل ١,٢٥ إلى ١,٧٥ وزمن المكث يزداد بمعامل ١,٥ إلى ٢.

الاختبارات البيولوجية:

الاختبارات البيولوجية لمياه الصرف ومسطحات المياه الطبيعية تتم لتعيين أنواع البكتريا والحياة البيولوجية. تتم الاختبارات البيولوجية باستخدام الميكروسكوب، حيث يسمح للبكتريا بالنمو والتكاثر فى ظروف بيئية مناسبة وفى مجال الاستنبات (Culture media). مجال الاستنبات يمكن أن يكون صلب أو سائل. يتم إضافة مياه الصرف فى مجال الاستنبات والوضع فى حضان (Incubator) عند

درجة حرارة معينة مناسبة لنمو وتكاثر البكتيريا. تبدأ البكتيريا فى تكوين تجمعات (Colonies) من سلالة الخلايا فى المجال الصلب حيث يمكن رؤيتها بالميكروسكوب. نوع البكتيريا يتم مشاهدته مباشرة بالميكروسكوب كما يمكن قياس أبعادها باستخدام الميكروميتر (Stage Micrometer). بعض مجموعات معينة من البكتيريا تنتج تغيرات معينة فى وسط الاستنبات الصلب مثل إنطلاق غاز أو التغير فى اللون. التنقية الذاتية للماء تعتمد مباشرة على وجود البكتيريا، الفطريات، طحالب البروتوزوا...الخ. وجود الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض يوضح درجة التلوث للمجال المائى.

ملحق (ب)

معايير الصرف للمخلفات

مادة ٦٦ من القانون ٤٨/١٩٨٩:

أ- في الصرف على مسطحات المياه غير العذبة:

يجب أن يتوفر في مياه الصرف الصحي والمخلفات الصناعية السائلة التي يرخص بصرفها إلى مسطحات المياه الغير عذبة المعايير والمواصفات في الجدول التالي:

الجدول التالي يوضح معايير الصرف على المجارى المائية غير العذبة

المبيـن	مياه صرف صحي	مياه صرف صناعى
درجة الحرارة	لا تزيد عن ٣٥ م	لا تزيد عن ٣٥ م
الرقم الهيدروجينى	٩-٦	٩-٦
الاكسجين الحيوى المطلوب	لايزيد عن ٦٠ ملجرام/لتر	لايزيد عن ٦٠ ملجرام/لتر
الأكسجين الكيماوى المطلوب		
الداى كرومات	لايزيد عن ٨٠ ملجرام/لتر	لايزيد عن ١٠٠ ملجرام/لتر
للمنجنات	لايزيد عن ٤٠ ملجرام/لتر	لايزيد عن ٥٠ ملجرام/لتر
الأكسجين المذاب	لا يقل عن ٤ ملجرام/لتر	—
الزيوت والشحوم	١٠	١٠
المواد العالقة	٥٠	٦٠
للمواد الملوثة	خالية من المواد الملوثة	
الكبريتيدات	١	١

المبيــــــــــــن	مياه صرف صحى	مياه صرف صناعى
السيانيد	---	٠,١
الفوسفات	---	٠,١
النترات	٥٠	٤٠
الفلوريدات	---	٠,٥
الفينول	---	٠,٠٠٥
مجموعة المعادن الثقيلة	١	١
المبيدات	---	---
القولونيات فى ١٠٠سم ^٣	٥٠٠٠	٥٠٠٠

وفى حالة صرف مياه الصرف الصحى أو مخلفات صناعية سائلة مختاطه بمياه الصرف الصحى إلى مسطحات المياه غير العذبة فإنه يجب بناءا على طلب الجهة الصحية المختصة معالجة المياه المنصرفة بالكlor للتطهير قبل صرفها بحيث لا يقل الكلور المتبقى بعد ٢٠ دقيقة من إضافته عن ٠,٥ ملجرام فى اللتر. وبحيث أن تكون أجهزة ومواد التطهير جاهزة للعمل بصفة مستمرة لإنجاز هذه المعالجة عند طلب إجرائها. كما يجب أن تبقى مسطحات المياه غير العذبة التى يرخص بصرف المخلفات السائلة المعالجة إليها فى حدود المعايير والمواصفات كما فى الجدول التالى:

الجدول التالى يوضح معايير ومواصفات مسطحات المياه غير العذبة التى يجب أن تبقى عليها بعد صرف المخلفات السائلة المعالجة إليها

المبيــــــــــــن	المعايير
درجة الحرارة	لا تزيد عن ٥°م فوق المعدل السائد
الاكسجين المذاب	لا يقل عن ٤ ملجرام/لتر فى أى وقت
الرقم الهيدروجينى	لا يقل عن ٦,٥ ولا يزيد عن ٨
المنظفات الصناعية	لا تزيد عن ٠,٥ ملجرام/لتر
الفينول	لا يزيد عن ٠,٠٠٥ ملجرام/لتر
المكارة	لا تزيد عن ٥٠ وحدة
المواد الصلبة المذابة	لا تزيد عن ٦٥٠ ملجرام/لتر
الحد الإجمالى للمجموعة القولونية فى ١٠٠سم ^٣	لا يزيد عن ٥٠٠٠

وفى حالة صرف المخلفات السائلة إلى البحيرات فإنه يجب مراعاة ألا يزيد عدد البكتريا القولونية عن ٧٠ لكل ١٠٠ سم^٣ من مياه البحيرة، كما يجب ألا يزيد عددها عن ٢٣٠ لكل ١٠٠ سم^٣ فى $\frac{1}{10}$ من العينات المأخوذة من مياه البحيرة فى موسم الصيد وذلك لعدم تأثير هذه المخلفات على الثروة السمكية.

ب- المعايير والمواصفات الواجب توافرها فى المخلفات السائلة التى يرخّص بصرفها فى المجارى العامة سواء كان الصرف من الأنشطة التجارية أو الصناعية هى:

- درجة الحرارة لاتزيد عن ٤٠°م.
- الرقم الهيدروجينى ما بين ٦-١٠.
- المواد المذابة لاتزيد عن ٢٠٠٠ ملجرام/لتر.
- لاتزيد المواد العالقة القابلة للتسريب عن ٥٠٠ ملجرام/لتر.
- وبحيث لاتزيد المواد الصلبة الراسبة عن ٥ سم^٣ فى اللتر فى ١٠ دقائق ولا تزيد عن ١٠ سم^٣ فى اللتر فى ٢٠ دقيقة.
- لايزيد الأكسجين الحيوى عن ٤٠٠ جزء فى المليون.
- لايزيد الاكسجين الكيماوى (الداى كرومات) عن ٧٠٠ جزء فى المليون.
- لايزيد الاكسجين الكيماوى (البرمنجنات) عن ٣٥٠ جزء فى المليون.
- لايزيد الكبريتيد عن ١٠ جزء فى المليون مقدرا على أساس الكبريت.
- لايزيد السيانيد عن ٠,١ جزء فى المليون.
- لايزيد الفوسفات عن ٥ جزء فى المليون.
- لاتزيد النترات عن ٣٠ جزء فى المليون.
- لاتزيد الفلوريدات عن ١ جزء فى المليون.

- لايزيد الفينول عن ٠,٠٠٥ جزء فى المليون.
- لاتزيد الامونيا عن ١٠ جزء فى المليون.
- لايزيد الكلور الحر عن ١٠ جزء فى المليون.
- لايزيد ثانى اكسيد الكبريت عن ١ جزء فى المليون.
- لايزيد الفورمالدهايد عن ١٠ جزء فى المليون.
- لاتزيد نسبة الشحوم والزيوت عن ١٠٠ جزء فى المليون.
- الفضة، الزئبق، النحاس، النيكل، الزنك، الكروم، الكادميوم، الزنك. يجب ألا تزيد نسبتهم منفردة لكل منهم أو متجمعه عن ١٠ جزء فى المليون إذا لم يتجاوز حجم المخلفات المنصرفة ٥٠ متر مكعب فى اليوم. ولا تزيد عن ٥ جزء فى المليون فى حالة زيادة حجم المخلفات المنصرفة إلى شبكة المجارى عن ٥٠ متر مكعب فى اليوم.
- ألا يزيد مجموع الفضة والزئبق عن ١ جزء فى المليون.
- كما يجب أن تخلو المخلفات السائلة من المواد المتطايرة والمذيبات العضوية وأى مواد قابلة للإشتعال وأى مواد متلفه للشبكة أو لمحطة المعالجة أو ملوثة. كما يجب أن تخلو من أى مبيدات أو مواد مشعة ولو بكميات صغيرة جداً.

ملحق (ج)

التقييم لنتائج الرصد والتحليل ومتطلبات المعالجة المسبقة والميزان المادى

تقييم كمية وتركيز مياه الصرف الصناعى بالوحدات من الملوثات لكل وحدة من المنتج. فمثلاً، فى صناعة الصلب فإن أحد القياسات لمياه الصرف الصناعى الملوثة بالسيانيد هو كيلو جرام من السيانيد لكل كيلو جرام من الصلب المنتج، وفى صناعة الورق ولب الورق يقيم التلوث البيولوجى بالكيلوجرام من الأكسجين الحيوى (BOD) لكل طن من لب الورق المنتج. باستخدام هذه الوحدات يمكن تقييم تركيز الملوثات فى مياه الصرف الصناعى. وإن كانت المعايير المقررة هى بقياس الملوثات كجزء فى المليون من مياه الصرف الصناعى.

١- المعالجة المسبقة: Pretreatment

أ- فى الصرف على مسطحات المياه غير العذبة:

على ضوء نتائج الرصد والتقييم تتم عمل الخطوة الأولى وهى المعالجة المسبقة. تتوقف درجة ونوع المعالجة المسبقة على المعالجة التالية وطريقة التخلص النهائى من المخلفات. فمثلا المعالجة المسبقة التى تسبق الاستعمالات الأرضية للمياه قد تتكون ببساطة من استخدام المصافى أو إزالة المواد الصلبة العالقة،

بالمقارنة فإن المعالجة المسبقة قبل الصرف على شبكات الصرف الصحى قد تتطلب معالجة طبيعية (استخدام المصافى وأحواض حجز الرمال وأحواض الترسيب الأولى)، معالجة بيولوجية ومعالجة كيميائية. وقد تكون ببساطة لضبط الرقم الهيدروجينى، وإزالة المواد الصلبة العالقة أو بعض العمليات الأخرى وهذه تتم أحيانا عند إعادة استخدام المياه فى العمليات الصناعية واستعادة المواد المذابة والمواد العالقة.

ضوابط المعالجة المسبقة التى تتم داخل المصنع لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصناعى بما يسمح بمعالجتها فى محطات المعالجة لمياه الصرف الصحى، حيث أوصت منظمة حماية البيئة (EPA) بتقدير حدود المعالجة المسبقة لنوع معين من الملوثات كالاتى:

$$Y = \frac{X}{1 + R}$$

حيث:

Y = قيمة الملوث فى مياه الصرف الصناعى بعد المعالجة المسبقة بالمجرام/لتر.

X = قيمة الملوث فى مياه الصرف بعد المعالجة فى محطة معالجة مياه الصرف الصحى والتى يسمح بصرفها على المسطحات المائية غير العذبة طبقا للمعايير المقررة بقانون البيئة ٩٤/٤.

R = قيمة قدرة محطة المعالجة على إزالة الملوث، تقيم برقم عشرى.

مثال:

إذا كان الحمل العضوى لملوث فى مياه الصرف المعالجة طبقاً للمعايير المقررة هو ٨٠ جزء فى المليون بالنسبة للأكسجين الكيماوى المطلوب (COD)،

وكانت قدرة محطة المعالجة فى الإزالة هى ٦٠%. فإن المعالجة المسبقة يجب أن تحقق قيمة هذا الملوث قبل دخولها محطة معالجة مياه الصرف الصحى وبعد المعالجة المسبقة كالاتى:

$$Y = \frac{80}{1 - 0.6} = \frac{80}{0.4} = 200 \text{ Mg/L}$$

أى أنه يجب عدم زيادة الحمل العضوى (COD) مقيم كأكسجين كىماوى مطلوب عن ٢٠٠ ملجرام/لتر.

عمليات المعالجة المسبقة تشمل:

عمليات طبيعية وهى:

- تنظيم وتسوية التدفقات داخل المصنع (Equalization).
- إزالة المواد العالقة والطافية.

عمليات كىماوية وتشمل:

- ضبط الرقم الهيدروجينى بالتعادل.
- إزالة المعادن الثقيلة.

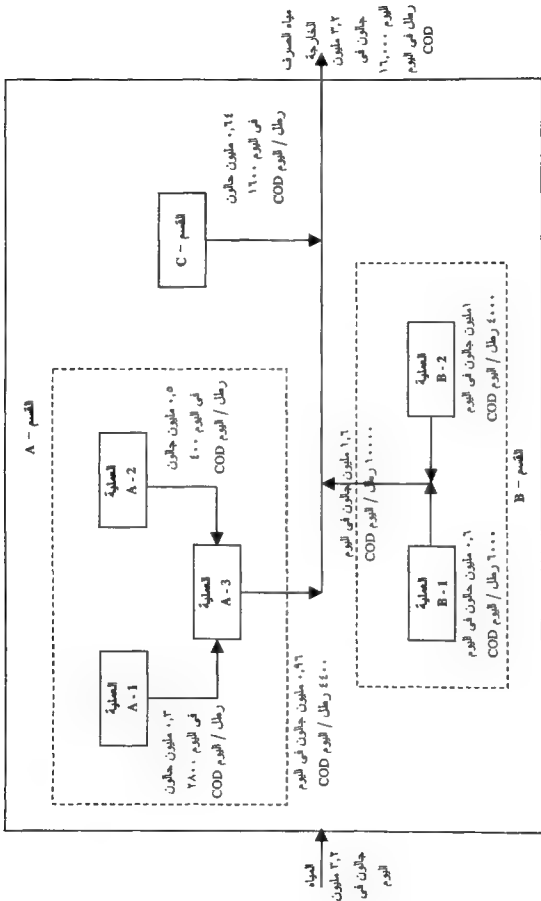
عمليات بيولوجية:

- إزالة/خفض الملوثات من المواد العضوية.

٢- الميزان المادى: Material Balance

مثال لعمل الميزان المادى كما فى الجدول التالى: من الشكل (١/ج) الذى يوضح التدفقات والأحمال من الملوثات نتيجة المباحث الحقلية.

النسبة المئوية للكلى	COD رطل فى اليوم	COD ملجرام/لتر	النسبة المئوية للكلى	التدفق مليون جالون فى اليوم	المصدر
					القسم A
١٧,٥	٢٨٠٠	١١٠٠	٩,٤	٠,٣	العملية A-1
٢,٥	٤٠٠	١٠٠	١٥,٦	٠,٥	العملية A-2
٧,٠	١٢٠٠	٩٠٠	٥,٠	٠,١٦	العملية A-3
٢٧	٤٤٠٠	٥٤٠	٣٠	٠,٩٦	إجمالى
					القسم B
٣٨	٦٠٠٠	١٢٠٠	١٨,٨	٠,٦	العملية B-1
٢٥	٤٠٠٠	٤٨٠	٣١,٢	١	العملية B-2
٦٣	١٠٠٠٠	٧٥٠	٥٠	١,٦	إجمالى
١٠,٠	١٦٠٠	٣٠٠	٢٠,٠	٠,٤٦	القسم C
١٠٠	١٦٠٠٠	٦٠٠	١٠٠	٣,٢	إجمالى المصنع



شكل (ملحق ج) مثال للتنظيف والأحمال من الملوثات للميزان المادي نتيجة المباحث العقلية

ملحق (د)

القواعد التصميمية لتكنولوجيا المعالجة الكهروكيميائية لمياه الصرف الصناعي

تستخدم الطرق الكهروكيميائية فى معالجة مياه الصرف الصناعي فى العمليات الآتية:

- الترويب Coagulation.
- الطفو.
- الطفو والترويب.
- الأكسدة.

حيث يستخدم لذلك أحواض التحليل الكهربى التى تعمل بالتيار الثابت ويكون الأنود (+) من معدن قابل للإذابة أو غير قابل للإذابة، ويكون الكاثود (-) من معدن أو من الجرافيت. ويكون سائل الاليكتروليت هو مياه الصرف الصناعي مضاف إليها كمية قليلة من كلوريد الصوديوم.

١- القوانين الكهروكيميائية المنظمة للتحليل الكهربى بالتيار الثابت:

العلاقة بين كمية المواد التى تنوب من معدن الأنود وكمية التيار الثابت المار خلال الدائرة تقدر بقانونى فارادى للتحليل الكهربى التى تنص على الآتى:

(١) كمية المواد المختلفة التى تتحرر عند الأقطاب تتناسب مع كمية التيار المار خلال المحلول.

(٢) كمية المواد المختلفة التى تتحرر عند الأقطاب بنفس كمية التيار الكهربى تتناسب مع تكافؤها الكيميائى. أى أن كمية الكهرباء التى يجب مرورها لتحرير جرام واحد مكافئ من أى مادة عند القطب هى ٩٦٥٠٠ كولومب = ١ فارادى (IF) 96500 Coulombs = 1 Faraday (IF).

يمكن تلخيص قوانين فارادى رياضيا كالاتى:

$$(1) \quad q = e \times I \times T$$

حيث

q = كمية المادة التى تحررت عند الأنود.

e = هو حاصل قسمة المكافئ بالجرام على ٩٦٥٠٠ وهو ما يعرف بالمكافئ الكهروكيميائى للمادة أو بعدد الجرامات التى تتحرر عند القطب بواحد كولومب من الكهرباء.

I = شدة التيار بالأمبير.

T = الوقت بالثانية.

(٣) تنشيط التحليل الكهربى: (Acceleration of Electrolysis) قوة التيار فى الدائرة الكهربائية وكذلك فرق الجهد يجب أن يؤخذ فى الاعتبار فى عملية التحليل الكهربى.

باستخدام قانون أوم فإن قوة التيار تتناسب طرديا مع الفولت المستخدم أو الجهد (E) ويتناسب عكسيا مع المقاومة (R).

ولكن فى حالة المحلول الالكتروليتى فإنه يجب أن يؤخذ فى الاعتبار فرق جهد الاستقطاب الذى يعارض التيار حيث يلزم طرحه من الجهد المستخدم وذلك عند حساب جهد التيار. ذلك لأن جهد التحلل (Decomposition - Voltage) لإلكتروليت سائل معين فإن قانون أوم فى هذه الحالة يمثل بالمعادلة:

$$(2) \quad I = E - ED / R$$

بلاحظ أن كثافة التيار بخلاف القيمة الكلية لشدة التيار هى التى تعمل بوضوح فى سائل الإلكتروليت. كثافة التيار هى النسبة ما بين شدة التيار بالمأمبير إلى مساحة الأقطاب أما بالبوصة المربعة أو السنتيمتر المربع أو الديسيمتر المربع الذى عنده يتحرر العنصر المعين.

فعندما تكون شدة التيار واحد أمبير ومساحة الكاثود ١٠٠ سم^٢ فإن كثافة التيار عند الكاثود هى ٠,٠١ أمبير/سم^٢. من الناحية العملية فإن الوقت اللازم للتحليل فى المعادلة (١) وفرق الجهد فى المعادلة (٢) يكون أكبر مما هو موضح فى المعادلتين. لذلك فإنه يجب عمل تجارب نصف صناعية لتحقيق أقصى كفاءة.

لتعيين كثافة التيار فإنه يجب معرفة مساحة القطب. إذا كان القطب فى شكل لوح مستطيل أو فى شكل أسطوانة مفرغة فإن مساحته تكون ضعف مساحة وجه التيار للمستطيل أو للأسطوانة.

مساحة قطب من الشبك المعدنى (Wire Mesh Electrode) يمكن حسابه بدقة كافية من الناحية العملية بالمعادلة الآتية:

$$S = 2 \Pi d I b \sqrt{n}$$

حيث:

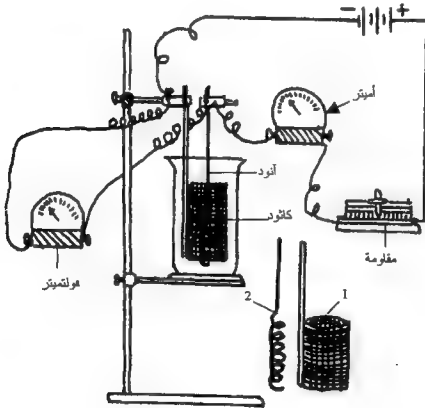
d = سمك سلك الشبك المعدنى.

I = طول الفتحة.

b = عرض الفتحة.

n = عدد التقاطعات للأسلاك فى السنتيمتر المربع.

يجب ملاحظة أنه فى حالة زيادة كثافة التيار فإن الترسيبات المذابة من الأنود تكون أسفنجية وتلتصق على سطح الأنود (مع كبر السطح أى سهولة الأكسدة بأكسجين الهواء الجوى الشكل (د/١)).



شكل (د/١) نموذج مصلى لبطارية المعالجة الكهروكيميائية

٢- عملية الترويب الكهروكيميائية:

عند وجود ملوثات فى الماء فى شكل مواد هلامية وغرويه منتشره يتم معالجتها بتمرير مياه الصرف خلال جهاز التحليل الكهربى حيث يكون الأنود من الألومنيوم أو من الحديد الخردة. يتأين معدن الأنود تحت تأثير التيار الثابت حيث ينتقل إلى مياه الصرف ويختلط بها، عندئذ يحدث ترويب لجسيمات الملوثات العالقة الهلامية مع إيدروكسيدات الحديد أو الألومنيوم التى تكونت فى الماء. إذابة جرام واحد من الألومنيوم فى الماء يعادل إضافة ٦,٣ جرام من كبريتات الألومنيوم، إذابة جرام واحد من الحديد يعادل إضافة ٢,٩ جرام من كلوريد الحديدك، ٣,٦ جرام من كبريتات الحديدك. القدرة الكهربائية النظرية لإذابة جرام واحد من الألومنيوم هو ١٢ وات فى الساعة، ١٢ وات فى الساعة لإذابة جرام واحد من الحديد. يوصى بكثافة تيار لاتزيد عن ١٠ أمبير على السنتيمتر المربع، بحيث لاتزيد المسافة بين الأقطاب عن ٢سم ومعدل تدفق المياه بين الأقطاب لاتقل عن نصف متر فى الثانية. طريقة الترويب الكهروكيميائى يمكن أن تستخدم لمعالجة مياه الصرف التى تحتوى على جسيمات من الزيوت والشحوم، المنتجات البترولية والمواد العالقة بنسبة ٠,٣ - ٧,٥ جرام فى اللتر بالتتالى فى منشآت الترويب الكهروكيميائى حيث يكون التيار الثابت المار بكثافة ٠,٦ أمبير / ديسيمتر مربع وعند فرق جهد ١٠ - ١٨ فولت حيث تصل كفاءة التنقية إلى ٩٩%.

٣- عملية الطفو الكهروكيميائية:

نظرية المعالجة بالطفو الكهروكيميائى تبنى على أساس نقل جسيمات الملوثات العالقة من السائل إلى سطح السائل فى فقاعات الغاز التى تتكون بعملية التحليل الكهربى للماء. أثناء عملية التحليل الكهربى يتصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود كما يتصاعد غاز الأكسجين عند الأنود. الدور الرئيسى لعملية طفو الأجسام

العائقة تتم بواسطة فقاعات الهيدروجين، التى تكونت عند الكاثود. إستخدام الكاثود من نسيج السلك المعدنى (Wire Mesh) يقلل من حجم الفقاعات وبالتالي يزيد من كفاءة المعالجة بالطفو الكهروكيميائى.

٤- عملية الترويب والطفو الكهروكيميائى:

فى هذه العملية تستخدم أقطاب الأنودات من مواد مذابة مثل الحديد والألومنيوم حيث يذوب معدن الأنود، بما ينتج عنه دخول أيونات الألومنيوم أو الحديد إلى مياه الصرف وتتكون زغبات (Flocs) من الأيدروكسيدات. تزامن تكون زغبات الترويب وفقاعات الغاز يؤدي إلى توجيه فقاعات الغاز إلى الزغبات وزيادة كفاءة ترويب الملوثات، وهذا يزيد من كفاءة عملية الطفو.

تستخدم المعالجة بالترويب والطفو فى معالجة مياه الصرف من عملية تصنيع المواد البترولية، وصناعة الورق ولب الورق، وصناعة البويات واللاكيهات، وكذلك فى معالجة مياه الصرف من صناعة المنسوجات فى مراحل الصباغة والتجهيز.

٥- الأكسدة الكهروكيميائية:

فى بطاريات الأكسدة الكهروكيميائية تستخدم أنودات من مواد غير مذابة مثل أقطاب الجرافيت، ثانى أكسيد الرصاص، المنجنيز، أكاسيد الرأثيريوم وأكاسيد الكوبالت التى تغطى أساس من التيتانيوم. أما بالنسبة للكاثود فإنه يصنع عادة من الرصاص أو من سبائك الزنك أو من سبائك الصلب. لزيادة كفاءة عملية الأكسدة الكهروكيميائية يضاف ملح معدنى والذي هو عادة كلوريد الصوديوم حيث يساهم فى عملية الأكسدة. هذه الطريقة مناسبة للاستخدام فى معالجة الملوثات العضوية وغير العضوية عالية التركيز وحيث يكون حجم مياه الصرف صغير. عملية

التحليل الكهربى حيث الأكسدة الأنودية تسبب تدمير المواد العضوية مكونه مواد وبسيطة أو منتجات نهائية لعملية الأكسدة (مثل الأحماض العضوية، ثانى أكسيد الكربون والماء). هذه الطريقة يوصى بها فى معالجة مياه الصرف من مواد الصبغات النيتروجينية (Azodyes). فى حالة الصبغات النيتروجينية (صبغات الأزو) فإنه يتأكسد حتى ٩٠% بواسطة الكلور المنتج بالطريقة الكهروكيميائية حيث يكون تركيز كلوريد الصوديوم من ٥-١٠ جرام/لتر، وباقى الـ ١٠% من الصبغة يتأكسد مباشرة.

درجة التنقية بالأكسدة الكهروكيميائية تتوقف على الرقم الهيدروجينى للمجال المائى وكذلك على كثافة التيار. فقد وجد أنه لأكسدة محاليل صرف صبغات الأنتراكينون وصبغات الأزو يلزم توفر مجال مائى متعادل. عملية الأكسدة تتم بطريقة جيدة عند كثافة تيار منخفض لايزيد عن ٣ أمبير/ديسيمتر مربع فى حالة إحتواء مياه الصرف على عدد قليل من أيونات الكلور (١,٩ جرام/لستر)، وعند كثافة تيار من ٨-٢٠ أمبير/ديسيمتر مربع فى حالة المحتوى العالى من الملح فى مياه الصرف حيث يكون تركيز كلوريد الصوديوم ١٠٠ جرام فى اللتر أو أكثر. درجة الانخفاض فى الأكسجين الكيماوى (COD) هى حوالى ٨٥%.

المعالجة بالنسبة لمختلف أنواع مياه صرف الصبغات حيث المحتوى من (COD) حوالى ١٠ جرام/لتر، تتم باستخدام أنودات من الريثريوم وكثافة تيار ١٥ أمبير على الديسيمتر المربع (درجة حرارة ٧٠°م، الرقم الهيدروجينى ٨-٩، كلوريد الصوديوم ١٠٠ جرام/لتر).

العامل الهام فى جدوى إستخدام الطريقة الكهروكيميائية فى معالجة مياه الصرف هو كمية الطاقة الكهربائية اللازمة. طبقا لبيانات الأبحاث والتجارب التى

أجريت فإن كمية الطاقة اللازمة لأكسدة جرام واحد من الصبغة باستخدام الكلور النشاط التى ينتج بالطريقة الكهروكيميائية هو ٠,٢٥ - ٠,٣٥ كيلووات ساعة.

عند التحليل الكهربى لمياه الصرف للصبغات مع استخدام الأنودات التى تذوب فإنه يمكن تحقيق التنقية للمياه أساسا بالترويب الكهربى وإذابة مادة الأنود- إيدروكسيد المعدن المتكونة تعمل على إدمصاص المادة الهلامية من الصبغات وذلك رغم أن عمليات كهروكيميائية أخرى قد تحدث بما يجعل الملوثات نفسها تساهم فى العمل كمروبات. لمعالجة مياه الصرف تستخدم الأنودات المذابة من الصلب ٣ المقاوم، حيث الاستهلاك من الأنود يتراوح ما بين ٥ إلى ٢٠٠ جرام/المتر المكعب. يوصى بعمل التحليل الكهربى خلال مجال كبير من كثافة التيار من ٠,٤ إلى ٦ أمبير/ديسيمتر مربع. وأقصى كمية لإزالة الصبغات النيتروجينية (AZO) هو ٠,٤ - ٠,٦ أمبير/ديسيمتر مربع. أيونات الكلور لها تأثير كبير على عملية تنقية المياه. ففى حالة إضافة ١ جرام/التر من كلوريد الصوديوم إلى مياه الصرف فإن الوقت اللازم لإزالة اللون ينخفض إلى النصف. الاستهلاك الكهربى للإزالة الكاملة لصبغة الآنو من مياه الصرف المحتوية على ٠,١ جرام/لتر من هذه الصبغات بالتحليل الكهربى باستخدام الأيونات المذابة يقدر بحوالى ٠,١ - ٠,٣ كيلووات ساعة لكل جرام من الصبغة. مقارنة الأكسدة الكهروكيميائية للصبغات والتخلص منها بالترويب الكهربى من وجهة نظر استهلاك الطاقة نجد أن الأكسدة الكهروكيميائية مفضلة إلى حد ما.

بالنسبة لاختزال صبغة الآنو النيتروجينية على كاثود من الحديد فى غشاء مسامى (Diaphragm) لجهاز التحليل الكهربى (Electrolyser) إتضح أنه لتمام إزالة اللون من مياه الصرف عند كثافة تيار عالية (حتى ٧ أمبير / الديسيمتر المربع) فإنه يلزم لكل جرام من الصبغات ٠,٤ - ٠,٤٥ كيلووات فى ساعة والذى يعتبر

أكثر كثيراً عن الطاقة المستهلكة لعمل الأكسدة الكهروكيميائية أو الترويب الكهروكيميائي.

سليبات طرق الأكسدة (سواء كانت الأكسدة الكهروكيميائية أو بالكلور أو بالأوزون) لمعالجة مياه الصرف هي إستحالة إستعادة الصبغات الموجودة في مخلفات الصرف وكذلك استهلاك كمية كبيرة من المواد المؤكسدة والطاقة الكهربائية وذلك عند إحتواء مياه الصرف على كميات كبيرة من المواد العضوية عموماً. ولكن تعتبر المعالجة الكهروكيميائية لمياه الصرف المحتوية على الصبغات أقل في التكلفة بنسبة الثلث مقارنة بالمعالجة بالكلور بالإضافة إلى إنخفاض المحتوى من الأملاح المعدنية في المياه المعالجة.

ملحق (هـ)

الكيمواويات المستخدمة فى المعالجة الكيماوية للمياه

الغرض من المعالجة الكيماوية لمياه الصرف والمواد الكيماوية المستخدمة
موضح فى الجدول التالى:

جدول: الاستخدامات الرئيسية لبعض الكيمواويات فى المعالجة لمياه الصرف

المواد الكيماوية	الإستخدام الرئيسى
١- السيليكا المنشطة (SiO_2)	المساعدة فى الترويب
٢- كبريتات الألومنيوم - الأمونيوم $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	الترويب
٣- الأمونيا الرطبة أو اللامائية NH_3 Or NH_4OH	إضافة الغذاء للبكتريا فى المعالجة البيولوجية
٤- كبريتات الألومنيوم (الشبه - Alum) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$	للترويب، إزالة الفوسفور من مياه الصرف (الصحي - الصناعى - للزراعى)
٥- كبريتات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	تنشيط السيليكا
٦- طفلة البنزونيث	المساعدة فى الترويب
٧- إيدروكسيد الكالسيوم. الجير الحى (CaO) أكسيد الكالسيوم الجير المطفئ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ إيدروكسيد الكالسيوم	للترويب، التعادل للمياه الحامضية، إزالة الفوسفور

المواد الكيماوية	الإستخدام الرئيسى
٨- ثانى أكسيد الكربون CO_2	للتعادل، إعادة الكربنة
٩- كبريتات الحديدوز المكلوره (Chlorinated Copperas) $Fe (SO_4)_2 - Fe Cl_2$	الترويب
١٠- كلوريد الحديدك $Fe cl_3 . 6 H_2O$ Or $Fe cl_3$	الترويب إزالة الفوسفور
١١- حامض الهيدروكلوريك (HCL)	التعادل، ضبط الرقم الهيدروجينى
١٢- حامض النيتريك (HNO_3)	التعادل، ضبط الرقم الهيدروجينى للمياه القلوية، إضافة الغذاء لبكتريا المعالجة البيولوجية
١٣- حامض الفوسفوريك $H_3 PO_4$	إضافة الغذاء لبكتريا المعالجة البيولوجية
١٤- البلمرات (Polyelectrolytes)	التزغيب (Flocculation)
١٥- ألومينات الصوديوم ($Na_2 AL_2 O_4$)	الترويب، ترسيب الفوسفور
١٦- كربونات الصوديوم (الصودا آسن)	ضبط الرقم الهيدروجينى
١٧- الصودا الكاوية $Na (OH)$	التعادل، ضبط الرقم الهيدروجينى
١٨- حامض الكبريتك ($H_2 SO_4$)	التعادل، ضبط الرقم الهيدروجينى، تنشيط السيليكات.

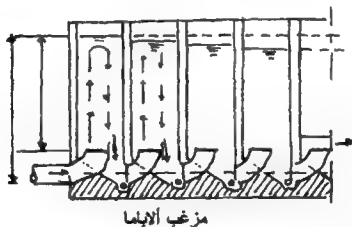
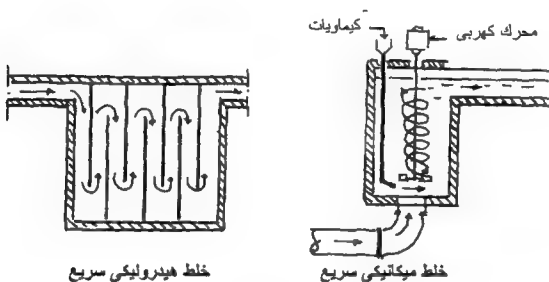
وتستخدم هذه الكيماويات فى الآتى:

- ١- التزغيب والترويب والمساعدة فى الترسيب.
- ٢- الترسيب أو عدم الإذابة للمواد المذابة.
- ٣- ضبط الرقم الهيدروجينى.
- ٤- إضافة الغذاء للنظم البيولوجية.

تعريف ومصطلحات:

١- التزغيب (Flocculation)

التزغيب هو عدم الثبات بتعادل الشحنة للأجسام العالقة والإلتصاق الأولى للمواد صغيرة الحجم والهلامية العالقة بمواد التزغيب غير العضوية ويتم ذلك بالخلط السريع شكل (١/هـ).



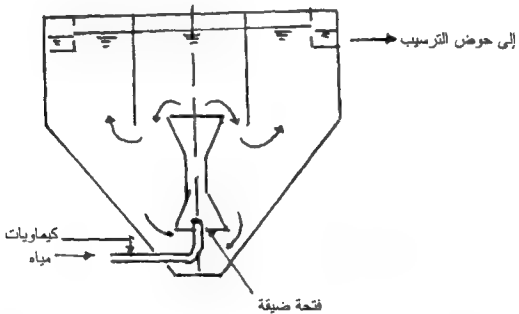
شكل (١/هـ) أنواع تجهيزات الخلط السريع لتكوين التزغبات

٢- مساعدات الترويب: (Coagulant Aids)

وتسمى كذلك المزغبات (Flocculant)، وهى مواد عضوية من البلمرات (Polyelectrolytes) الإليكترولتيته. تستخدم فى المساعدة وتحسين الترويب.

٣- الترويب: (Coagulation)

ويتم بالخلط البطئ بعد مرحلة التزغيب للمياه حيث تجمع والتصاق الزغبات المنكونه وبذا يزداد حجمها وكثافتها وتصبح قابلة للتسيب شكل (٢/هـ).



شكل (٢/هـ) الخلط السريع والخلط البطئ فى حوض واحد

٤- الترسيب: (Precipitation)

فى التفاعلات الكيماوية تحدث ظاهرة الترسيب عندما تتحول المادة المذابة فى محلول إلى الشكل الصلب غير المذاب نتيجة التفاعل الكيماوى فى أحواض الترسيب شكل (٣/هـ) الذى يوضح بعض نماذج لأحواض الترسيب

المستطيلة وذات القاع الواحد ومتعددة القاع وذات الألواح المائلة وأحواض الترسيب بالألواح المائلة المستديرة شكل (٣/هـ).



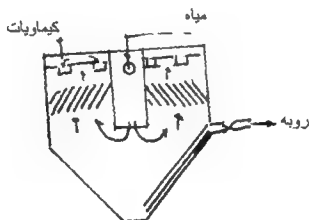
حوض ترسيب مستطيل بالتدفق الأفقي



حوض ترسيب متعدد القاع



حوض ترسيب بالألواح المائلة



حوض ترسيب بالألواح المائلة

شكل (٣/هـ) نماذج لأحواض الترسيب

معدل التحميل السطحي لحوض الترسيب هو معدل التدفق مقسوماً على المساحة السطحية للحوض. (مثال: التحميل السطحي لحوض ترسيب مساحته السطحية ٣٠ متر مربع ومعدل التدفق للمياه ٦٠ م^٣/ث = $\frac{٦٠ \text{ م}^٣/\text{ث}}{٣٠ \text{ م}^٢} = ٢ \text{ م}^٣/\text{ث}$).

ملحق (و)

الإدمصاص بالكربون المنشط

Activated Carbon Adsorbtion

الإدمصاص بالكربون المنشط (Activated Carbon Adsorbtion):

استخدم الكربون المنشط فى نظم المعالجة لمياه الصرف التى تم معالجتها بيولوجيا حيث تمثل المعالجة بالكربون المنشط صورة من صور المعالجة الثلاثية. كما استخدم الكربون المنشط بدرجة أقل فى محطات المعالجة الكيماوية - الطبيعية التى تستخدم الترويب الكيماوى والترشيح لإزالة الفوسفور والمواد الصلبة العالقة والإدمصاص بالكربون لإزالة المواد العضوية.

وصف العملية:

عند التصاق الكربون المنشط مع المياه المحتوية على مادة عضوية فإنه يزيل هذه المادة وذلك بإدمصاص الجزيئات ذات الاستقطاب (التأين) المنخفض، والترشيح للأجسام الكبيرة والحجز الجزيئى للمادة الهلامية على السطح الخارجى للكربون المنشط. إزالة المواد العضوية بالإدمصاص يعتمد على التمسك إلى ثقب إدمصاص الكربون خلال السطح الخارجى. حقيقة أن الكربون المنشط له مساحة سطحية عالية النشاط وكبيرة مقارنة بوحدة الوزن بما يجعله مادة إدمصاص

ذات كفاءة عالية. المساحة السطحية الكبيرة والنشاط لهذا السطح هو نتيجة لعملية التنشيط التى تنتج ثقبو كثيرة خلال حبيبة الكربون مع خلق مواقع نشطة على أسطح هذه الثقوب. طاقة الإدمصاص للكربون المنشط يحدث لها تنبع عند إمتلاء المسام المنشطة حيث يعتبر الكربون أنه استنفذ ويلزم تنشيطه.

طرق تنشيط حبيبات الكربون:

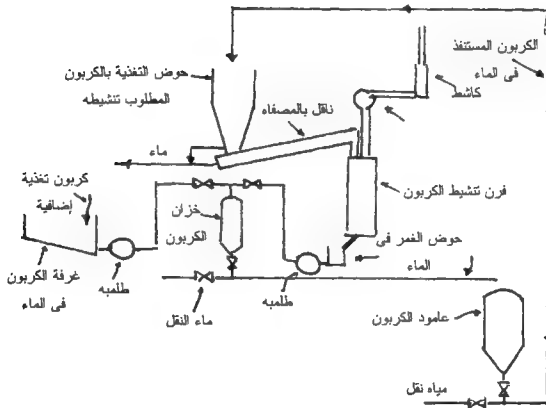
- ١-تمرير بخار الماء تحت ضغط منخفض خلال طبقة الكربون لتبخير وإزالة المادة العضوية التى تم إدمصاصها.
- ٢-استخلاص المواد الممتزة بواسطة مذيب.
- ٣-التنشيط بالطرق الحرارية.
- ٤-تعرض الكربون إلى الغازات المؤكسدة.

فى التطبيقات الصناعية استخدم التنشيط الحرارى للكربون، وذلك باستخدام الفرن الدوار (Rotary Kiln) والفرن متعدد المجرمة (Multiple Hearth Furnance). فى حالة الفرن الدوار يتحرك الكربون فى إتجاه معاكس لخليط من غازات الاحتراق والبخار المحمص حيث يتم إستعادة الكربون بنسبة ٩٠ - ٩٥%. فى حالة الفرن متعدد المجرمات فإنه يتم تسخين الفرن بما يكفى لحرق أول أكسيد الكربون والهيدروجين الناتج عن تفاعل التنشيط. يتم تحريك وتقليب الكربون بواسطة عامود إدارة مركب عليه ريش تقلب وذلك لرفع الحبيبات الجديدة إلى السطح باستمرار. نسبة الإستعادة ٩٠ - ٩٥ مع قدرة إدمصاص للكربون المنشط تشبه تلك للكربون الجديد.

مخطط التنشيط يشمل:

- النقل الهيدروليكي للكربون في الماء (Slurry) إلى وحدة التنشيط.
- التغذية للفرن لتبخير الماء وأكسدة الملوثات التي تم إدمصاصها.
- تبريد الكربون بالماء.
- الغسيل بالماء والنقل الهيدروليكي للكربون ثانياً إلى أعمدة إعادة الاستخدام.

الشكل (١/٥) يوضح نظام نقل وتنشيط الكربون.



شكل (١/٥) نظام تنشيط ونقل الكربون

التطبيقات:

تستخدم حبيبات الكربون المنشط فى معالجة مياه الصرف كعملية معالجة ثلاثية بعد المعالجة الثنائية البيولوجية لإزالة المتبقى من المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجى بالإضافة إلى المواد الصلبة للعائقة، وكذلك المواد العضوية غير القابلة للتحلل البيولوجى (Refractory) والمركبات غير العضوية مثل النيتروجين والكبريتيدات (Sulphides) والمعادن الثقيلة المتبقية وذلك فى حالة المعالجة بالكيماويات لمياه الصرف حيث تزال كذلك المواد العضوية المتبقية. فى حالة استخدام بودة الكربون المنشط فإنه يتم إضافتها فى مرحلة المعالجة البيولوجية الثانية حيث تزال فى أحواض الترسيب ولإبعاد استخدامها.

Membrane Processes

أنواع عمليات الأغشية:

توجد أنواع معينة من الأغشية تستخدم لفصل الأملاح المذابة بعدة طرق وهي:

التناضح العكسي (Reverse Osmosis - RO)

الديليزة الكهربائية (Electro Dialysis - ED)

الترشيح بأنواعه:

- الترشيح الفائق.

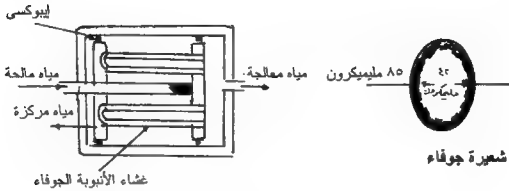
- النانو فلتر.

- الميكروفلتر.

١- التناضح العكسي: شكل (١/ز)

التناضح العكسي هو باستخدام الغشاء الذي يعمل كمرشح لجزيئات المواد المذابة، فهو يزيل حتى ٩٠% من كل الأملاح المذابة، حتى ٩٧% من كل المواد العضوية المذابة، أكثر من ٩٨% من المواد الهلامية (Colloidal) والبيولوجية من

الماء والتي تصل تركيزاتها من ٥٠ جزء فى المليون حتى ٦٠٠٠٠ جزء فى المليون.



شكل (١/ز) للشعيرة الجوفاء فى التناضح العكسى

بالإضافة إلى إمكانية إعزاب مياه البحر والمياه قليلة الملوحة، فإن التناضح العكسى يستخدم فى التخلص من المواد العضوية الطبيعية والمخلقة المذابة فى الماء. كلما زاد الوزن الجزئى كلما زادت إمكانية الحجز للغشاء، وكذلك تزال كلا من البكتريا والفيروسات. بالنسبة للمعادن الثقيلة فإن نسبة الإزالة عالية. كذلك يزيل التناضح العكسى المواد المشعة. الاستخدام الرئيسى للتناضح العكسى هو لإنتاج المياه المستخدمة فى الأغراض الطبية وإنتاج البخار فى عمليات كسى الملابس بالبخار ولأغراض الترطيب هذا بالإضافة إلى استخدام هذه الطريقة فى إنتاج مياه الشرب وذلك عند زيادة ملوحة المياه المعالجة طبقاً للمعايير المقررة.

الضغط الأسموزى هو الظاهرة التى تحدث أحيانا عند تدفق الماء (أو أى مذيب آخر) خلال غشاء شبه نفاذ، أى الغشاء الذى يسمح بمرور المذيب وليس المواد المذابة. المحاليل التى تفصل بمثل هذا الغشاء تميل إلى أن تتساوى فى التركيز للجزيئات، وبهذا فإن الماء سوف يتدفق خلال الغشاء الشبه نفاذ من

المحلول الأقل تركيزاً إلى المحلول الأكثر تركيزاً حتى الوصول تقريباً إلى تركيزات متساوية. تدفق الماء خلال الغشاء يوجد ضغط يسمى الضغط الاسموزي تدفق المياه خلال الغشاء يتوقف على الضغط المستخدم على المياه الجارية معالجتها. فمع زيادة الضغط على المياه أكثر من الضغط الاسموزي، فإن تدفق المياه خلال الغشاء يزداد، وبذا تزداد كمية المياه المنتجة مع زيادة الضغط، ويقل معدل تدفق المياه خلال الغشاء مع زيادة ملوحة المياه المعالجة نظراً لزيادة الضغط الاسموزي.

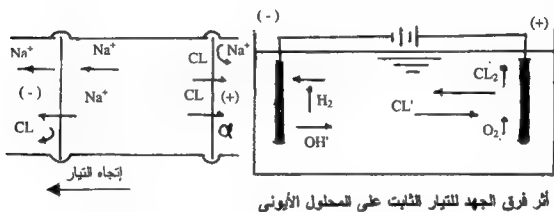
المياه الجوفية هي المصدر المفضل لإزالة الملوحة بالضغط الاسموزي وذلك نظراً لثباتها الكيميائي وخلوها من المواد العالقة. ولكن نظراً لأن من أسباب تلوث وتلف الأغشية ترسيبات الحديد والمنجنيز وذلك في حالة تعرض المياه الجوفية المحتوية على الحديد والمنجنيز المذاب للهواء الجوي وأكسدة الحديد والمنجنيز. ولذلك فعند معالجة المياه الجوفية المحتوية على الحديد والمنجنيز المذاب فإنه يلزم عدم تعرض المياه للهواء الجوي قبل دخولها لجهاز التناضح العكسي.

وفي حالة إزالة الملوحة من المصادر السطحية فإنه يلزم عمل معالجة إضافية مسبقة لمواجهة التغيرات الموسمية في المياه وإزالة المواد العالقة. يلزم دائماً إضافة كيماويات لمنع حدوث الترسيبات. عادة يضاف حامض الكبريتيك بتركيز ٩٣% إلى المياه لمنع ترسيب أملاح الكبريتات على الغشاء بمعدل ٥-١٠ ملجرام/لتر. الغشاء المستخدم في التناضح العكسي لإعزاب المياه ذات محتوى من الأملاح المذابة المرتفعة مثل مياه البحار يكون من أستيات السيليلوز أو من البولي أميد أو البولي إيثربولي أميد بولي سولفين.

يختلف الحجز للمواد طبقاً للغشاء المستخدم وتركيز المياه الداخلة والتكافؤ الكيميائي للأيونات وعوامل أخرى.

٢- الديليزة الكهربائية: (Electrodialysis - ED) شكل (٢/ز)

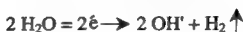
الفصل الكيميائى الكهربى أو الديليزة الكهربائية هى عملية فصل نتيجة إنتقال الأيونات إلى أغشية أن أيونية وأغشية كاتأيونية من محلول أقل تركيز إلى محلول أكثر تركيزاً وذلك نتيجة التدفق لتيار كهربى ثابت. وتستخدم الديليزة الكهربائية فى معالجة المياه المملحة (Brakish Water) لتكون صالحة للشرب أو لإزالة الأملاح أو لتركيز المحاليل بهدف إعادة الاستخدام.



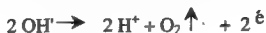
شكل (٢/ز) نظرية استخدام الديليزة الكهربائية (الفرز الكهربى) الإليكترودياليسيس

أ- حركة الأيونات:

لتفهم الديليزة الكهربائية (ED) فإنه يلزم تفهم تأثير التيار الثابت على محلول أيونى. بفرض حوض مستطيل مزود بقطب عند كل جانب. الحوض مملوء بمحلول كلوريد الصوديوم وعند مرور تيار ثابت عبر القطبين فإن الكاتأيونات (Na^+) تتجذب نحو القطب السالب والذي يسمى الكاثود بينما الآن أيونات الكلور (Cl^-) تتجذب نحو القطب الموجب والذي يسمى الأنود. عند الكاثود يحدث تفاعل الاختزال التالى لأيون الهيدروجين نتيجة تحلل الماء.



وعند الأنود يحدث تفاعل الأكسدة التالي لأيون الأيدروكسيد



وقد يحدث عند الأنود كذلك تفاعل يشمل تكون غاز الكلور



أغشية الديليزة الكهربائية هي أساساً راتنجيات في شكل رقائق مسطحة كاتايونية أو أن أيونية. الأيونات تمر خلال الغشاء الآن أيونى بينما الأيونات الموجبة تحتجز، وعلى العكس الأيونات الموجبة تمر خلال الغشاء الكاتايونى بينما الأيونات السالبة تحتجز الأيونات التى مرت خلال الأغشية الآن أيونية والأغشية الكاتايونية تجمع فى حوض تجميع حيث يتكون محلول ملحي مركز.

الأغشية الآن أيونية والكاتايونية هي أغشية موصلة للكهرباء وهي غير منفذة للمياه تحت الضغط.

عند تمرير تيار كهربى ثابت فى مصفوفة الديليزة الكهربائية حيث المياه المحتوية على الأيونات المذابة يتم ضخها بين الغشاء الكاتايونى والآن أيونى وذلك خلال مجرى من البولى إيثيلين. عندئذ فإن كل الكاتايونات تتحرك نحو القطب السالب (الغشاء الكاتايونى) وتحتجز عند القطب الموجب (الآن أيونى). وعلى العكس فإن الآن أيونات تمر خلال القطب الموجب (الغشاء الآن أيونى) وتحتجز عند القطب السالب (الكاتايونى). وفى هذه الحالة فإن الأيونات المزالة تترك خلفها مياه مخففة أو مزالة أيوناتها.

تغير وتبديل الأقطاب (EDR - Polarity Reversal)

بدلاً من الديليزة الكهربائية التقليدية حيث الاتجاه الواحد لحركة الأيونات، فإن الديليزة العكسية بتغير وتبديل الأقطاب حيث يتم عكس وتغير الأقطاب لدورة زمنية

محددة وهى حوالى ١٥-٢٠ دقيقة. التغير فى الشحنة الكهربائية للقطب عبر منظومة الغشاء يغير فى إتجاه حركة الأيونات، حيث يحدث تبادل لتدفق الأيونات وكذلك المياه المحلاة والمركزة. يحدث التغير فى إتجاه التدفق آليا بواسطة المحابس.

القطبية المعكوسة توفر الغسيل الآلى للمواد المكونة للترسيبات من على سطح الغشاء، حيث تتطلب معالجة مسبقة قليلة وقد لا تحتاج لها ذلك لتقليل الترسبات على الأغشية والذي قد تسببه المياه الداخلة للمعالجة.

الاعتبارات التصميمية لنظام الدليزة الكهربائية:

- نسبة تركيز الأيونات يجب أن يظل أقل من ١٥٠ : ١ (المياه المركزة مقابل المياه المحلاة) ويمكن أن تزداد هذه النسبة إلى ٢٠٠ : ١ أو ٢٥٠ : ١.
- يتم التغذية بمياه المصدر إلى طلمبة التغذية بضغط ٠,٢ إلى ٢ جوى. طلمبة التغذية تضخ المياه إلى خرطوشة المرشح تحت ضغط ٥-٦ جوى (ذات المسام ١٠ ميكرومتر).
- المياه الداخلة تتطلب معالجة مسبقة عادة إذا كانت تحتوى على كلور حر أكثر من ٠,٥ جزء فى المليون، حديد أكثر من ٠,٣ جزء فى المليون، كبريتيد الهيدروجين أكثر من ٠,٣ جزء فى المليون، عكارة أكثر من ٢ نيفيلومترى، أو منجنيز أكثر من ٠,١ جزء فى المليون.
- أقصى إزالة للأملاح هى من ٤٠ - ٥٠% لكل مرحلة هيدروليكية تستخدم طريقة ED & EDR لمعالجة المياه المملحة (Brakish) لإعدادها للشرب، كذلك لازالة الأملاح وإعادة الاستخدام لمياه الصرف الصناعى.

٣- الترشيح خلال الأغشية: (Membrane Filtration)

أ- الترشيح الفائق: (Ultra Filtration)

الترشيح الفائق هو عملية ترشيح تتم بالضغط لتركيز المحاليل المحتوية على مواد هلامية ومواد ذات وزن جزيئي عالى، وهو يحجز المواد غير المتأينة ويمرر المواد المتأينة وذلك طبقاً لقدرة الحجز للوزن الجزيئي للغشاء، حيث يعتبر الوزن الجزيئي كدليل تقريبي لحجم الجزيء، حيث تتوقف نسبة الحجز للغشاء على شكل الجزيئي وحجمه وشحنته.

يستخدم الترشيح الفائق للمعالجة المسبقة لمياه البحر قبل معالجتها بطريقة التناضح العكسي وذلك لإزالة الكربون العضوي، العكارة والمواد العالقة من مياه الصرف قبل إعادة الاستخدام أو الحقن الجوفي.

ب- النانو فلتر: (NF - Nano Filtration)

يسمى النانو فلتر غشاء إزالة العسر، نانو تعني (10^{-9}) وهو حجم الثقب للغشاء. النانو فلتر غشاء يعمل بضغط منخفض جداً. ويمرر فقط الأجسام أصغر من واحد نانو ملليمتر (A10). النانو فلتر لا يمرر بنسبة عالية الأيونات ثنائية التكافؤ مثل أيونات الكالسيوم والمغنسيوم ولكنه يمرر الأيونات أحادية التكافؤ بنسبة عالية.

ج- الميكرو فلتر: (Micro Filtration)

وهو يمرر الأجسام ذات الحجم الميكرومترى 10^{-6} ملليمتر في محلول عابر مادة الغشاء. الميكروفلتر يعمل على ترويق المياه والسوائل الأخرى وذلك بحجز الأجسام العالقة والكائنات الدقيقة على سطح الغشاء أو داخل المرشح بينما يمرر المواد المذابة والماء.

المراجع

- 1- Gene v. Beeland, Water Resources and Pollution Control. Published by Van Nostrand Reinhold Company.
- 2- California Dept. of water Resources "Industrial water use" Bulletin No. 166.1 (1968).
- 3- American Water Works association Committee on Industrial water Handling AwwA 65.5 (1973).
- 4- Publications of AWWA About Treatment Technology of Industrial Waste water (1980).
- 5- Progress Reports: Physical - Chemical Treatment of Industrial Waste water EPA Eimco Corp (1973).
- 6- Berry - Chemical Engineers Hand book McGrow Hill - (1978).
- 7- Publications of the American Aid About water Management Strategy (1991).

هذا الكتاب

يعتبر الصرف الصناعى من أهم مصادر التلوث لمياه النيل والمصارف وذلك لما يضيفه من مسببات السمية والتلوث طبقاً لنوع الصرف الصناعى ومن بينها مياه الصرف الصناعى المحتوية على المعادن الثقيلة المزابة والتي يصعب التخلص منها بطرق المعالجة التقليدية حيث تصل هذه المواد إلى مياه الشرب مسببة للأمراض . ولذلك فإن القوانين والقرارات المنظمة لصرف مياه الصرف الصناعى تحدد المعايير والنسب لمختلف الملوثات قبل الصرف على المسطحات المائية وكذلك قبل الصرف على شبكات الصرف الصحى والاستعمالات الأخرى .

فى كثير من الصناعات يعتبر تدوير المياه ذو عائد اقتصادى كبير لما يحققه فى نظم المعالجة طبقاً لمتطلبات الصناعة والذى يمكن أن يصل إلى ٧ مليار متر مكعب سنوياً ، ٦٠ ٪ منها نتيجة تدوير مياه التبريد .

وفى هذا الكتاب تم تناول موضوعات الصرف الصناعى والتخلص الآمن من المخلفات الصناعية فى أربعة عشر فصل .

والله ولى التوفيق

الناشر

ISBN : 977- 281- 294- 0

